سلسلة علوم وتقنية (تكنولوجيا) الأغذية

الأحياء الدقيقة وفساد الأغذية

تأليف الأستاذ الدكتور

عمرو عبد الرحمن البنا

قسم علوم وتكنولوجيا الأغذية

كلية الزراعة - جامعة الاسكندرية



٢٠٠١

مكتبة المعارف الحديثة

٢٣ شارع تاج الرؤساء سابا باشا - الأسكندرية

ت : ٥٨٢٦٩٠٢٠ - ٥٤٤٥٥٥١

الأحياء الدقيقة وفساد الأغذية

Microorganisms and Food Spoilage

الأستاذ الدكتور / عمرو عبد الرحمن البنا
قسم علوم وتكنولوجيا الأغذية - كلية الزراعة
جامعة الإسكندرية - الشاطبى - الإسكندرية

مكتبة المعارف الحديثة
٢٣ ش تاج الروساء سابا باشا الأسكندرية
ت : ٥٤٤٥٥٥١ - ٥٨٢٦٩٠٢

13-الأحيـاء الدقيقـة وفسـاد الأغـذيـة

Microorganisms and Food Spoilage

الأستاذ الدكتور / عمـرو عبد الرحمن البنا

قسم علوم وتكنولوجيا الأغذية – كلية الزراعة

جامعة الإسكندرية – الشاطبى – الإسكندرية

رقم الصفحة

رقم الصفحة

13 - 1 مقـــــدمة

تتدهور الأغذية بدرجات متفاوتة أثناء تخزينها، ويوضح جدول رقم 13 - 1 العمر التخزيني لبعض الأغذية المخزنة على درجة حرارة 21°م (70° ف) مع ثبات باقي العوامل المؤثرة.

جدول رقم 13 - 1 : العمر التخزيني لبعض الأغذية النباتية والحيوانية على درجة حرارة 21°م (70° ف).

المادة الغذائيـــة	العمر التخزيني على درجة حرارة 21°م (70° ف) (بالأيـــام)
لحـــوم	2 - 1
أسمـــاك	2 - 1
دواجـــن	2 - 1
أسماك أو لحوم مجففة أو مدخنة	360 وأكثر
فاكهـــة	7 - 1
فاكهة مجففة	360 وأكثر
خضروات ورقية	2 - 1
درنات أو محاصيل جذرية	20 - 7
بذور جافة	360 وأكثر

المصدر : Potter and Hotchkiss (1995)

وفي كثير من البلاد تكون درجة الحرارة أعلى من 21°م (70° ف) وبالتالي يقل العمر التخزيني لهذه الأغذية ويحدث فقد نسبة كبيرة من الغذاء المتاح خاصة في البلاد النامية. ومن ثم يجب العمل على تقليل تدهور الأغذية لحفظها فترات أطول بحالة جيدة وذلك عن طريق السيطرة على العوامل المسببة لهذا التدهور.

ويرجع السبب في تدهور وفساد الأغذية لعدة عوامل وهذه العوامل قد تكون حيوية (الأحياء الدقيقة خاصة البكتريا والأعفان والخمائر – الإنزيمات – الحشرات والقوارض

والطفيليات) أو كيماوية (تفاعلات مكونات الغذاء مع بعضها البعض أو الأكسدة بواسطة الأكسجين الجوى) أو طبيعية (مثل التلف الفيزيقى أو الميكانيكى للغذاء – فقد وأكتساب رطوبة – تأثير درجة الحرارة – الضوء). وغالباً نجد أن هذه العوامل لا تؤثر على الأغذية منعزلة بعضها عن بعض ، فمثلاً نجد أن الأحياء الدقيقة والحشرات والضوء تعمل معاً فى وقت واحد لتفسد الغذاء فى الحقل أو أثناء التخزين، كما أن الحرارة والرطوبة والهواء تعمل معاً فى وقت واحد لتؤثر على نمو الأحياء الدقيقة وكذلك تؤثر على نشاط تفاعلات الإنزيمات الموجودة فى الغذاء نفسه وأيضاً التفاعلات الكيماوية داخل الغذاء. ومن ثم فإنه قد تحدث أشكالاً مختلفة من تدهور الغذاء فى نفس الوقت، ويعتمد ذلك على نوع الغذاء والظروف البيئية المحيطة، ولذلك فإن الطريقة الفعالة لحفظ غذاء ما يجب أن تقلل أو تمنع تأثير كل هذه العوامل فى ذات الغذاء المراد حفظه. بيد أنه من المفيد أن تأخذ بعين الاعتبار كل عامل من هذه العوامل مستقلاً .. وفى هذا الباب سيتم إلقاء الضوء على واحد من أهم العوامل الحيوية المؤثرة على الأغذية ألا وهو الأحياء الدقيقة وسوف نتناول مناقشة ما يلى : أهم الأحياء الدقيقة فى الأغذية – مصادر تلوث الأغذية بالأحياء الدقيقة – العوامل المؤثرة على الأحياء الدقيقة – فساد الأغذية بالأحياء الدقيقة – طرق السيطرة على الأحياء الدقيقة فى الأغذية.

13 - 2 الوضع التقسيمى للأحياء الدقيقة

وجد المشتغلون بعلم الأحياء أن تقسيم جميع الكائنات الحية إلى قسمين هما النبات والحيوان يعتبر تقسيماً مريحاً، وما زال هذا التقسيم يعتبر كاملاً و وافياً لكثيرين حتى الآن.

ولكن بدراسة أشكال الحياة الموجودة على الأرض ثبت أن هذا التقسيم غير مرضى فمثلاً على الرغم من اشتراك الفطريات مع النباتات فى كثير من الصفات إلا أنه توجد إختلافات بيولوجية بينهما فالفطريات لا تستطيع تصنيع غذائها من الماء وثانى أكسيد الكربون عن طريق التمثيل الضوئى مثل النباتات بل تحتاج مواد عضوية ومنها تستخرج الطاقة اللازمة لها، كذلك فإن التركيب الخلوى يختلف فى الفطريات عن النباتات وكذلك البولمر Polymer الذى يتكون منه جدار الخلية يختلف عن ذلك الموجود فى النبات إختلافاً شديداً، لذلك وضعت الفطريات فى مملكة منفصلة وهى مملكة الفطريات Kingdom fungi .

وقد اقترح فى نهاية القرن التاسع عشر وضع الكائنات المجهرية وحيدة الخلية فى مملكة منفصلة أطلق عليها بروتستا Kingdom Protista . وخلال القرن العشرين حدث تقدم فى الدراسات المجهرية خاصة المجهر الإلكترونى مما ساعد فى دراسة التركيبات دون الخلوية Subcellular بالتفصيل مما أدى لاقتراح فصل مملكة البروتستا إلى مملكتين : الأولى تشمل الكائنات الأولية مثل البكتريا والتى تفتقر لوجود غشاء نووى مميز وسميت بروكريوت Prokaryotes وقد أشتق هذا الأسم من كلمتين يونانيتين هما Pro وتعنى قبل وkaryon وتعنى نواة وأطلق أسم مونيرا على هذه المملكة Kingdom Monere وهذه اللفظة مشتقة من الكلمة اللاتينية *Monera* والتى تعنى جديد. أما المملكة الثانية فظلت محتفظة بأسم بروتستا وهى تتبع الكائنات التى لها نواة حقيقية eukaryotes والأسم مشتق من الكلمتين اليونانيتين - eu وتعنى حقيقى و Karyon وتعنى نواة. ومن ثم فإنه يوجد الآن خمس ممالك للكائنات الحية وهى:

Kingdom Monera	(Prokaryotes)
Kingdom Protista	(Eukaryotes)
Kingdom Fungi	
Kingdom Plants	
Kingdom Animals	

ويوضح الجدول رقم 13 - 2 أهم الصفات المميزة لهذه الممالك الخمس.

ولما كان علم الأحياء الدقيقة (الكائنات الحية الدقيقة هى تلك الكائنات التى لها قطر أقل من 0.1 مم ولا ترى بالعين المجردة) هو عبارة عن دراسة صور الحياة المجهرية فإن ذلك يشمل دراسة مملكة Protista - Monera – الفطريات المجهرية microscopic fungi (تشمل الأعفان والخمائر) وهى تتبع مملكة الفطريات وذلك بالإضافة لدراسة الفيروسات التى تتطفل على كل من النباتات والحيوانات والبكتريا. وفى هذا الباب سوف يقتصر الحديث على الأحياء الدقيقة الهامة فى الأغذية وهى البكتريا والأعفان والخمائر.

جدول رقم 13 - 2 : أهم الصفات المميزة للممالك الخمس من الأحياء

أهم الصفات	الكائنات ذات النواة غير مكتملة النمو Prokaryotes	الكائنات ذات النواة الحقيقية Eukaryotes			
	Monera مونيرا	Protista بروتستا	Fungi الفطريات	Plants النباتات	Animals الحيوانات
عديدة الخلايا	-	-	+	+	+
غشاء حاجز للنواة	-	+	+	+	+
المادة النووية موجودة فى صورة DNA عارى	+	-	-	-	-
العضيات محددة بغشاء يفصلها عن السيتوبلازم	-	+	+	+	+
وجود جدار خلوى	+[1]	±	+[2]	+[3]	-
ذاتية التغذية	±	±	-	+	-
غير ذاتية التغذية	±	±	+	-	+
وجود بلاستيدات ملونة	-	±	-	+	-
وجود ميتوكوندريا	-[4]	+	+	+	+
وجود ريبوسومات	+[5]	+[6]	+[7]	+[8]	+[9]
التكاثر الجنسى	لا يشمل انقسام ميوزى أو ميتوزى	به انقسام ميوزى وميتوزى			
أمثـــــلة	البكتريا والسيانوبكتريا	البروتوزوا والإيوجلينا	الأعفان والخمائر	النباتات الراقية	الثدييات

- = لا + = نعم ± = البعض

1 - يتكون أساساً من ببتيدو جلوكان وأحياناً من بولمرات أخرى.
2 - يتكون أساساً من الشيتين Chitin .
3 - يتكون أساساً من السليلوز.
4 - النظام التنفسى موجود فى الغشاء البلازمى.
5 - ريبوسومات صغيرة .
6 - ريبوسومات كبيرة فى السيتوبلازم وأصغر فى الميتوكوندريا والبلاستيدات (إن وجدت) .
7 - ريبوسومات كبيرة فى السيتوبلازم وأصغر فى الميتوكوندريا .
8 - ريبوسومات كبيرة فى السيتوبلازم وأصغر فى الميتوكوندريا والبلاستيدات.
9 - ريبوسومات كبيرة فى السيتوبلازم وأصغر فى الميتوكوندريا .

المصدر : معدل عن Heritage *et al.* (1996)

13 - 3 الأحياء الدقيقة الهامة فى الأغذية :

تتوقف أهمية الأحياء الدقيقة فى الأغذية على عدة عوامل أهمها : عدد ونوع الأحياء الدقيقة الموجودة – نوع الغذاء – المعاملات التى تعرض لها الغذاء – المعاملات أو ظروف التخزين التى سوف يتعرض لها الغذاء – تسخين الطعام قبل تناوله – الأشخاص الذين سوف يتناولون الطعام.

وقد تقوم الأحياء الدقيقة بواحد أو أكثر من الوظائف الأربع التالية : تحدث تغيرات غير مرغوبة – تسبب خطورة على صحة الإنسان – تحدث تغيرات مرغوبة – تكون خاملة. حيث قد يكون الغذاء بيئة غير مناسبة لنمو الميكروبات وبالتالى تظل خاملة دون نمو أو تكاثر، أما إذا كان الغذاء بيئة مناسبة لنمو الميكروبات فإنها تنمو وتتكاثر ونتيجة لذلك تحدث تغيرات غير مرغوبة (فساد الأغذية) أو قد تشكل خطورة على صحة الإنسان (التسمم الغذائى) أو تحدث تغيرات مرغوبة (مجال الصناعات الميكروبية). وسوف يقتصر حديثنا عن الكائنات الحية الدقيقة فى الأغذية على البكتريا والفطريات المجهرية (الأعفان والخمائر)، وقد أوضح التحليل الميكروبيولوجى للأغذية وجود العديد من البكتريا والأعفان والخمائر ولكننا سوف نهتم بالسائد منها والذى يسبب فساد الغذاء أو يكون مسبباً للتسمم الغذائى.

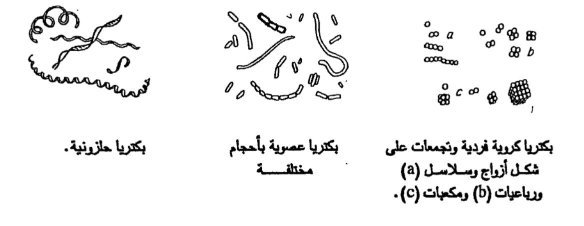
13 - 3 - 1 البكتريا Bacteria

كلمة بكتريا bacteria (المفرد : بكتيريم bacterium) مشتقة من الكلمة اليونانية bacterion وتعنى عصا صغيرة، وطبعاً هذا لا يعنى أن أشكال البكتريا تكون عصوية فقط بل يوجد ثلاثة أشكال رئيسية للبكتريا هى الكروى cocci والعصوى bacilli والحلزونى spirl كما توجد أشكال أخرى مثل العصويات المنحنية vibrios والتسمية تعكس الحركة الإهتزازية vibrational motility لهذه البكتريا كذلك أمكن عن طريق المجهر الإلكترونى التعرف على الشكل العصوى الكروى coccobacilli، كما توجد بكتريا لها أشكال متعددة pleomorphic bacteria مثل أفراد الجنس *Corynebacterium* ، كما لوحظ أن تغير الشكل قد يرجع للظروف البيئية فمثلاً الجنس *Rhizobium* تكون خلاياه منتظمة الشكل إذا نميت فى بيئة صناعية أما إذا تم مشاهدة نفس البكتريا فى تحضيرات مجهرية للعقد الجذرية root nodules للنباتات التى تثبت النتروجين نجد أنها ذات شكل غير منتظم وتسمى بكتيرويدات bacteroides وتتراوح أطوال البكتريا من 0.1 إلى 10 ميكرومتر وإن كانت بعض

البكتريا الحلزونية قد تصل إلى 100 ميكرومتر فى الطول ولكن معظم البكتريا تكون أطوالها أقل من 5 ميكرومتر. ويوضح الشكل رقم 13 - 1 أهم أشكال الخلايا البكتيرية.

وعند تكاثر البكتريا (بالإنقسام الثنائى) ينتج عن ذلك تجمعات متعددة، فنجد أن البكتريا الكروية عندما تنقسم فى مستوى واحد تنتج تجمعات على شكل أزواج أو سلاسل مثل بعض أنواع الجنس *Streptococcus* وعندما تنقسم فى مستويين متعامدين فالتجمع الناتج يكون فى صورة رباعيات كروية tetracocci وإذا حدث الانقسام فى ثلاثة مستويات متعامدة تتكون كتل مكعبات مثل الجنس *Sarcina* وفى حالة الانقسام فى أى مستوى تتكون تجمعات تشبه العناقيد clusters مثل الجنس *Staphylococcus* (شكل رقم 13 - 1).

أما التجمعات الناتجة من البكتريا العصوية فإنها قد تكون فى صورة سلاسل طويلة إذا إصطفت الخلايا على طول المحور الطويل كما فى النوع *Bacillus anthrcis* أو قد تصطف الخلايا موازية لمحورها الأصلى كما فى الجنس *Corynebacterium* وقد أطلق على هذا التجمع اسم باليساد palisade والبعض أطلق عليه اسم الحروف الصينية Chinese letters أما الجنس *Streptomyces* فإنه يكون هيفات دقيقة تشبه هيفات الأعفان (شكل رقم 13 - 1). والجدير بالذكر أن البكتريا الموجودة فى تجمعات تكون أكثر مقاومة للحرارة بالمقارنة بالخلايا المفردة.



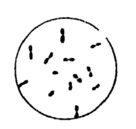
بكتريا كروية فردية وتجمعات على شكل أزواج وسلاسل (a) ورباعيات (b) ومكعبات (c).

بكتريا عصوية بأحجام مختلفة

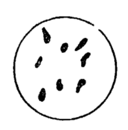
بكتريا حلزونية.

شكل رقم 13 - 1 : بعض أشكال الخلايا البكتيرية وتجمعاتها

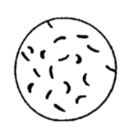
المصدر : Heritage *et al*. (1996) - Banwart (1989)



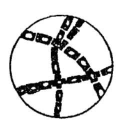
Streptococcus pneumoniae
(كروية فى أزواج)



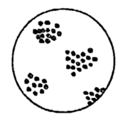
البكتيرويدات الخاصة بالبكتريا
Rhizobium trifolii



Vibrio cholerae
(عصويات منحنية)



Bacillus anthracis
(عصويات فى سلاسل طويلة)



Staphylacoccus aureus
(كروية فى صورة عناقيد)



Streptococcus pyogenes
(كروية فى أزواج وسلاسل)



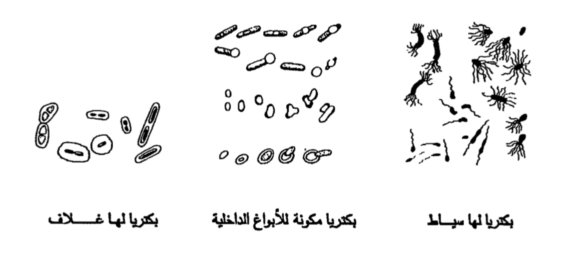
Streptomyces viridochromgenes
(هيفـــــات)



Corynebacterium diphtheriae
(الحروف الصينية)

تابع شكل رقم 13 - 1 : بعض أشكال الخلايا البكتيرية وتجمعاتها
المصدر : Heritage *et al*. (1996) - Banwart (1989)

تتكون بعض التراكيب التى تميز بعض أنواع البكتريا من حيث الشكل الظاهرى فبعض الأنواع تكون سياطاً flagella تستخدم فى الحركة والبعض الآخر يكون غلافاً capsule وعادة ما يتكون من عديد السكاكر أو دكسترين أو دكستران أو ليفان levan . ويعتبر الغلاف كمخزن للمغذيات للخلية البكتيرية .. أما فى مجال الأغذية فإن وجود الغلاف يسبب لزوجة sliminess أو غروية وأيضاً يزيد من مقاومة خلايا البكتريا للمعاملات الحرارية وبعض الأنواع البكتيرية تكون أبواغاً تسمى بالأبواغ الداخلية endospores وذلك مثل الجنس *Bacillus* والجنس *Clostridium* والأبواغ أكثر مقاومة للظروف البيئية من الخلايا الخضرية وتظل الأبواغ كامنة لفترة طويلة حتى تتوفر الظروف البيئية المناسبة فتنبت وتخرج الخلية الخضرية ويوضح شكل رقم 13 - 2 بعض التراكيب المختلفة فى البكتريا.



شكل رقم 13 - 2 : بعض التراكيب المختلفة فى البكتريا

المصدر : Banwart (1989)

وفيما يلى عرض لأهم الأجناس البكتيرية مقسمة إلى مجموعات أو أقسام Sections حسب تفاعلها مع صبغة جرام واحتياجها للهواء وشكلها الظاهرى وتكوين الأبواغ وذلك طبقاً للتقسيم الحديث المتبع فى الطبعة التاسعة للمرجع .Bergey's Manual of Syst. Bact

والذى ظهر فى أربعة مجلدات volumes (الأول عام 1984 والثانى عام 1986 والثالث والرابع عام 1989) حيث تم تقسيم البكتريا إلى 33 مجموعة أو قسما section . وقد روعى فى التقسيم المتبع فى هذا الباب ترتيب الأجناس التابعة لكل مجموعة أو قسمsection أبجدياً مع كتابة رقم بين قوسين بجوار كل مجموعة (بجوار الإسم الخاص بكل مجموعة باللغة الإنجليزية) يدل على رقم القسم فى المرجع المشار إليه سالفاً. والجدير بالذكر أن البكتريا الهامة فى مجال الأغذية تقع فى عشر أقسام أو مجموعات فقط (أرقام 2 ، 4 ، 5، 6 ، 12 ، 13 ، 14 ، 15 ، 16 ، 29) وفيما يلى عرض لهذه المجموعات section وأهم الأجناس التابعة لكل مجموعة.

13 - 3 - 1 - 1 البكتريا غير المكونة للأبواغ

أولاً : البكتريا السالبة لصبغة جرام الهوائية العصوية والكروية

Gram - Negative Aerobic Rods and Cocci (section 4)

وفيما يلى عرض موجز للأجناس الهامة فى مجال الأغذية التابعة لهذا القسم:

1 - *Acetobacter*

عصويات مستقيمة أو منحنية قليلاً والخلايا صغيرة العمر تكون سالبة لصبغة جرام بينما خلايا المزارع القديمة تعطى تفاعلاً متبايناً مع صبغة جرام. قد تكون متحركة بواسطة سياط محيطة بالخلية أو غير متحركة. تتميز بقدرتها على أكسدة الكحول إلى حامض خليك. تتواجد فى الخضروات والفاكهة وتشارك فى حموضة عصائر الفاكهة.

2 - *Alcaligenes*

عصويات – عصويات كروية – كرويات متحركة بواسطة أربعة إلى ثمانية سياط محيطة بالخلية، موجبة لاختبار الأوكسيديز ومنتشرة فى الطبيعة. من اسمها يمكن الاستدلال على وجود تفاعل قلوى يحدث فى البيئة. تشارك فى فساد الأغذية البروتينية مثل البيض ومنتجات الألبان، ولكن ليس لها نشاط بروتيوليتى فى بيئات الكازين والجيلاتين.

3 - *Alteromonas*

تم حديثاً تصنيف عدة أنواع تابعة للجنس *Pseudomonas* على أنهـا تابعة للجنس *Alteromanas* وهى كائنات شائعة فى البيئة البحرية، متحركة بواسطة سياط طرفية تتواجد على الأسماك وتسبب فسادها كما تم عزلها من اللحم المفروم.

4 - *Brucella*

عصويات قصيرة غير متحركة بعض أنواعها تسبب أمراضاً للحيوانات المختلفة وأيضاً تعتبر ممرضة للإنسان حيث تسبب الحمى المتموجة brucellosis (undulant fever). وينتقل المرض من الإنسان الحامل للميكروب أو الحيوان خلال بعض الأغذية مثل اللبن الخام ومنتجات الألبان غير المعاملة حرارياً واللحم غير المطبوخ ومنتجات السجق. ومعظم حالات المرض تنحصر فى العاملين فى مصانع تعبئة اللحوم ومربى الحيوانات أو البيطريين ومفتشى الأغذية.

5 - *Flavobacterium*

تشمل أنواع هذا الجنس عصويات غير متحركة تنتج أصباغاً صفراء أو برتقالية أو صفراء مخضرة وتؤثر العوامل البيئية (درجة الحرارة ونوع الغذاء الذى تنمو عليه هذه الأنواع) على تخليق ولون هذه الصبغات. تنمو أفراد هذا الجنس على درجات حرارة أقل من 30ْ م (86ْ ف) إلا أن بعض السلالات يمكنها النمو على 37ْم (99ْ ف). أمكن عزل أنواع من هذا الجنس من الماء والتربة والحيوانات والإنسان ومنتجات متنوعة من الأغذية ويمكن لهذه الأنواع أن تسبب فساد لون بعض الأغذية. وجدت هذه الكائنات على الخضروات المجمدة بعد تفكيكها وعلى الخضروات الطازجة والأسماك المبردة والحيوانات الصدفية المائية واللحوم ومنتجاتها والدواجن والبيض.

6 - *Gluconobacter*

يمثل هذا الجنس النوع *G. oxydans* وتتواجد خلاياه العصوية مفردة أو فى أزواج أو سلاسل، ويؤكسد الإيثانول إلى حامض خليك. يتواجد فى كثير من الأغذية مثل الخضروات، الفاكهة، خميرة الخباز، الخل ويشارك فى فساد الفاكهة حيث يسبب حموضتها.

7 - *Halobacterium*

تحتاج هذه البكتريا إلى تركيزات عالية من الملح (15 ٪) لكى تنمو ولذلك فهى محبة للملوحة إجباراً obligate halophiles ولا تستطيع النمو على معظم الأغذية نظراً لاحتياجها لوسط به ملوحة مرتفعة، ولكن يمكنها النمو فى الأغذية المحفوظة بالتمليح فتحدث تغيراً غير مرغوب فى لون هذه الأغذية – نظراً لإنتاجها صبغات حمراء – والجدير بالذكر أن تركيز الملح المنخفض يتسبب فى تغيير شكل أفراد هذا الجنس من العصوى إلى الكروى.

8 - *Pseudomonas*

عصويات مستقيمة أو منحنية متحركة بواسطة سياط طرفية، وهذه البكتريا لها نشاط كيموحيوى مميز حيث يمكنها مهاجمة مركبات متنوعة من المواد العضوية بما فى ذلك المركبات الأروماتية؛ ولها القدرة على بناء الفيتامينات وعوامل النمو اللازمة لها، وبعض الأنواع مثل *P. aeruginosa* يمكنه النمو فى الماء المقطر. تنتج هذه البكتريا أنزيمات الكتاليز والأوكسيديز بالإضافة لإنتاجها للإنزيمات المحللة للبروتين والمحللة للدهون والتى تؤدى لفساد الأغذية خاصة الأغذية الحيوانية المبردة، والبعض من أفراد هذا الجنس يمكنه إنتاج الإنزيمات المحللة للبكتين والتى تسبب التعفن الطرى فى بعض الخضروات. تحتاج نشاط ماء (A_w) مرتفعاً (0,97 إلى 0,9 8) ولا يمكنها النمو على درجة حرارة أعلى من 43°م (109° ف).

بعض أنواع هذا الجنس ينتج أصباغ فلورسنتية ذائبة فى الماء (pyoverdine or fluorescein) ويمكن مشاهدة هذه الأصباغ على الأغذية الفاسدة باستخدام ضوء الأشعة فوق البنفسجية وعادة تكون خضراء – صفراء ولكنها قد تظهر باللون الأزرق أو البرتقالى ويعتمد ذلك على النوع species والعوامل البيئية.

النوع *P. aeruginosa* يسبب تسمماً غذائياً والنوع *P. cocovenenans* يسبب تسمماً غذائياً غير تقليدى حيث ينتج ذيفانين (سمين) لهما وزن جزيئ منخفض (toxoflavin , bonkrekic acid).

أفراد هذا الجنس واسعة الانتشار فى الطبيعة وتتواجد على المنتجات الحيوانية والنباتية

ويعتقد أن الخضروات الخام تعتبر بمثابة مصدر هام لانتقال هذه الميكروبات إلى القناة الهضمية للإنسان. الأنواع التى يمكنها النمو على درجات الحرارة المنخفضة psychrotrophes وجدت على معظم الأغذية المبردة والمجمدة وحيث أن هذه البكتريا غير مقاومة للحرارة فإنها لا تتواجد فى الأغذية المعاملة حرارياً إلا إذا تلوثت هذه الأغذية بعد المعاملة الحرارية كذلك فإن هذه البكتريا غير مقاومة للتجفيف وأيضاً حساسة لأشعة جاما.

ثانياً : البكتريا السالبة لصبغة جرام اللاهوائية اختيارا العصوية

Facultatively Anaerobic Gram - Negative Rods (section 5)

تضم هذه المجموعة عدة أجناس هامة فى مجال الأغذية البعض منها تتبع عائلة *Enterobacteriaceae* وأهم هذه الأجناس ما يلى : *Citrobacter* - *Enterobacter* - *Erwinia* – *Escherichia* – *Klebsiella* – *Proteus* – *Salmonella* – *Serratia* – *Shigella* – *Yersinia*. والبعض منها يتبع عائلة *Vibrionaceae* وأهم أجناسها *Aeromones* - *Vibrio* . وفيما يلى نبذة مختصرة عن كل جنس من هذه الأجناس:

1- *Aeromonas*

خلايا هذا الجنس عصوية ونهايتى الخلية دائرية rounded ends والخلايا متحركة بواسطة سياط طرفية، موجبة لاختبار الكتاليز واختبار الأوكسيديز ولها القدرة على اختزال النيترات والاختباران الأخيران يميزا هذا الجنس عن عائلة *Enterobacteriaceae*. عزلت أفراد هذا الجنس من البيئة المائية وتتواجد فى الأسماك والمنتجات البحرية الأخرى وقد تلعب دوراً فى فساد الأسماك كما أن بعض أنواع هذا الجنس يسبب التسمم الغذائى للإنسان، درجة الحرارة المثلى لنموه 22 °م إلى 28 °م (72 – 82 °ف).

2- *Citrobacter*

عصويات متحركة (بواسطة سياط محيطة بالخلية) تستهلك السترات كمصدر وحيد للكربون وتخمر اللاكتوز. تتواجد فى كثير من الأغذية خاصة الأغذية الحيوانية وهى أحد أفراد مجموعة القولون التى تستخدم كميكروبات دالة وتسبب فساد بعض الأغذية.

3 - *Enterobacter*

أفراده تشابه أفراد الجنس *Klebsiella* غير أنها متحركة (بواسطة سياط محيطة بالخلية) تتواجد فى التربة والماء والمجارى وأمعاء الإنسان والحيوان وفى منتجات أغذية متنوعة.

4 - *Erwinia*

عصويات مستقيمة صغيرة عادة مفردة وعادة متحركة (بواسطة سياط محيطة بالخلية). تحدث فساد الخضروات المخزنة والنوع *E. carotovora* يسبب مرض التعفن الطرى البكتيرى وتحت النوع *E. carotovora* subsp. *atroseptica* يسبب التعفن الأسود للبطاطس.

5 - *Escherichia*

يوجد نوع واحد هام وهو *E. coli* وأفراده متحركة أو غير متحركة ومعظم السلالات مخمرة للاكتوز. لها القدرة على إنتاج الإندول (I) من التربتوفان وتنتج حامضاً فتعطى اختباراً موجباً مع أحمر الميثايل (M) ولا تكون أسيتيل ميثيل كربينول [اختبار فوجس بروسكر (Vi)] ولا تستهلك السترات (C) ولذلك فإن نتائج اختبارها مع تلك الاختبارات التى يرمز لها بالرموز I M Vi C تكون على الترتيب + + – – . وهذه البكتريا غير مقاومة للحرارة وبالتالى فإن وجودها فى الأغذية المعاملة حرارياً يعنى إعادة التلوث بعد المعاملة الحرارية وإذا نمت هذه البكتريا وتكاثرت فى الأغذية فإنها تسبب فسادها ويرجع ذلك لقدرتها على استهلاك معظم المواد الكربوهيدراتية منتجة غاز وحامض مما يسبب تغير رائحة ونكهة الغذاء. وبعض سلالاتها تسبب التسمم الغذائى للإنسان وقد اكتشف أربعة أنواع من التسمم الغذائى بواسطة السلالات المختلفة. تتواجد بكتريا *E. coli* فى التربة والماء وعلى النباتات وفى الأمعاء وفى أغذية متنوعة.

6 - *Klebsiella*

عصويات غير متحركة تتواجد مفردة أو فى سلاسل قصيرة. الكثير من أفراد هذا الجنس يكون غلافاً. تتواجد فى الماء والمجارى والتربة وهى جزء من فلورا الفم والبلعوم

والقناة المعوية وتتواجد على الحبوب والأغذية المجمدة. كما تحدث فساداً لبعض الأغذية . بعض أفراد هذا الجنس قد يسبب أمراضاً للإنسان مثل الالتهاب الرئوى وتصيب الجزء الأعلى من القناة التنفسية respiratory tract.

وهذا الجنس هو أحد أفراد مجموعة القولون التى تستخدم ككائنات حية دقيقة دالة indicator microorganisms .

7 - *Proteus*

عصويات متحركة بدرجة عالية (بواسطة سياط محيطة بالخلية)، تتواجد مفردة أو فى أزواج أو سلاسل قصيرة، وهى واسعة الانتشار وتتواجد فى التربة والمجارى والمعدة والأمعاء والبروتينات الحيوانية المتحللة كما تتواجد فى أغذية متنوعة، وتحدث فساداً لبعض الأغذية مثل اللحوم والأغذية البحرية والبيض، وإذا تواجدت بأعداد ضخمة فى الأغذية غير المبردة فإن ذلك قد يؤدى لحدوث تسمم غذائى.

8 - *Salmonella*

يوجد حوالى 2000 طراز سريولوجى تابع لهذا الجنس ومعظم أفراده متحركة (بواسطة سياط محيطة بالخلية)، لا تخمر اللاكتوز أو السكروز موجبة لاختبار الكتاليز وسالبة لاختبار الأوكسيديز. تتواجد هذه البكتريا فى وعلى التربة والماء والمجارى والحيوان والإنسان وأجهزة التصنيع والعلائق الحيوانية ومنتجات غذائية متنوعة. بعض أفراد هذا الجنس يسبب أمراضاً للإنسان مثل التيفود والبعض الآخر يسبب تسمماً غذائياً.

9 - *Serratia*

عصويات محبة لدرجة الحرارة المتوسطة متحركة (بواسطة سياط محيطة بالخلية) من أهم الأنواع التابعة لهذا الجنس النوع *S. marcescens* الذى ينتج صبغات حمراء وبالتالى يسبب فساد لون الأغذية.

10 - *Shigella*

عصويات غير متحركة تتواجد فى أمعاء الإنسان، بعض أنواع هذا الجنس يسبب تسمماً غذائياً.

Vibrio - 11

عصويات مستقيمة أو منحنية قصيرة متحركة، بعض السلالات لا يمكنها النمو بدون كلوريد صوديوم فى البيئة وتركيز 3٪ من هذا الملح يعتبر التركيز الأمثل للنمو، وبعضها تحتاج إلى تركيزات متوسطة من الملح لنموها moderately halophiles. تنتشر أفراد هذا الجنس فى المياه العذبة والمالحة والتربة والقناة الهضمية للإنسان والحيوان. وبعض الأنواع يسبب أمراضا للإنسان مثل *V. cholerae* المسبب لمرض الكوليرا والبعض الآخر يسبب تسمماً غذائياً مثل *V. parahaemolyticus* .

Yersinia - 12

عصويات متحركة أو غير متحركة ليس لها القدرة على تخمير سكر اللاكتوز خلال 48 ساعة. تنمو على درجات حرارة تتراوح بين 4 ْم (39 ْف) إلى 37 ْم (99 ْف). من أهم صفات هذه البكتريا قدرتها على النمو على درجات حرارة التبريد وتبقى حية أثناء التجميد. يسبب النوع *Y. enterocolitica* تسمماً غذائياً. عزلت هذه البكتريا من الكثير من الأغذية مثل اللحوم والأسماك والحيوانات الصدفية المائية والدجاج واللبن ومنتجاته خاصة المثلوجات اللبنية ice cream وماء الشرب كما تتواجد فى الغدد الليمفاوية والقناة الهضمية للحيوانات والإنسان غير المريض.

ثالثاً : البكتريا السالبة لصبغة جرام الهوائية / المحبة للقليل من الأكسجين المتحركة الحلزونية / الواوية الشكل

Aerobic / Microaerophilic, Motile, Helical / Vibrioid Gram - Negative Bacteria (section 2)

يوجد جنس واحد فقط من هذه المجموعة هام فى مجال الأغذية وهو الجنس *Campylobacter* . أفراد هذا الجنس موجبة لاختبار الأوكسيديز بها سوط وحيد طرفى singular polar flagellum على أحد نهايتى أو على كل من نهايتى الخلية، الخلايا متحركة وحركتها لولبية تشبه حركة نازعة السدادات الفلينية cork screw motion، محبة للقليل من الهواء. أهم أنواع هذا الجنس هو النوع *C. jejuni* الذى يتواجد فى أو على

المنتجات الحيوانية ويسبب تسمماً غذائيا للإنسان.

رابعاً : البكتريا السالبة لصبغة جرام اللاهوائية العصوية المستقيمة والمنحنية والحلزونية

Anaerobic Gram - Negative Straight, Curved and Helical Rods (section 6)

أهم أفراد هذه المجموعة هو الجنس *Bacteroides* . أفراد هذا الجنس عصويات مستقيمة غير متحركة ولا تحدث تغيرات فى الأغذية ولكنها تتواجد فى البراز بكميات كبيرة وتأتى أهميتها فى استخدامها كدليل على تلوث الأغذية والماء بالبراز.

خامساً : البكتريا الموجبة لصبغة جرام الكروية

Gram - positive Cocci (section 12)

تضم هذه المجموعة خمسة أجناس هامة فى مجال الأغذية وفيما يلى نبذة مختصرة عن هذه الأجناس:

1 - *Leconostoc*

هذه البكتريا لها متطلبات غذائية معقدة فهى تحتاج لنموها للفيتامينات والأحماض الأمينية والكربوهيدرات القابلة للتخمر. تخمر أفراد هذا الجنس الجلوكوز ونواتج التخمر الرئيسية تكون حامض لاكتيك بالإضافة لكحول الإيثايل وثانى أكسيد الكربون لذا تسمى مختلطة التخمر heterofermentative . ومما يميز بعض أنواع هذا الجنس قدرتها على تحمل تركيزات من الملح كتلك الموجودة فى الخضروات المملحة وبعض الأنواع الأخرى تتحمل تركيزات عالية من السكر تصل إلى 55 ٪ إلى 60 ٪.

من أهم الأنواع *L. mesenteroides* , *L. mesenteroides* subsp. *dextranicum* وهما لهما القدرة على إنتاج دكسترينات وطبعاً هذا يسبب لزوجة فى المحاليل السكرية ويسبب مشاكل فى صناعة السكر، وبعض السلالات تسبب عيوباً فى نكهة مركزات البرتقال. ومن ناحية أخرى تستخدم بعض أنواع هذا الجنس كبادئ فى بعض الصناعات الميكروبية مثل الخضروات المملحة ومنتجات الألبان.

2 - *Micrococcus*

كرويات هوائية إجباراً موجبة لاختبار الكتاليز تتواجد مفردة أو فى أزواج تتكاثر فى أكثر من مستوى واحد لتكون كتلاً غير منتظمة أو مكعبات ويمكنها النمو فى وجود تركيز5 ٪ ملح. تتواجد فى التربة والماء وعلى جلد الإنسان وفى الكثير من الأغذية خاصة اللبن ومنتجات الألبان و الذبائح الحيوانية ومنتجات اللحوم. وهى تسبب فساد بعض الأغذية وبعض الأنواع منتج للصبغات.

كما سجل التشابه الكبير بين هذا الجنس وبين المرحلة الكروية cocoid stage للجنس *Arthrobacter* أكثر من التشابه مع *Staphylococcus* وبعض الكرويات الموجبة لجرام الأخرى وأنه يجب أن يوضع مع الجنس *Arthrobacter* فى نفس العائلة.

3 - *Pediococcus*

تتواجد هذه البكتريا فى أزواج أو سلاسل قصيرة أو رباعيات tetrads أى يحدث الإنقسام فى مستويين. سالبة لاختبار الكتاليز وتحتاج لقليل من الهواء متجانسة التخمر homofermentative ولها متطلبات غذائية معقدة (فيتامينات وأحماض أمينية)، مقاومة للملوحة حيث تنمو جيداً فى تركيز5.5 ٪ من الملح ولكن تنمو بدرجة قليلة فى وجود تركيز 10 ٪ ملح؛ تنمو فى مدى من درجات الحرارة يتراوح بين 7° إلى45 °م (45 – 113 °ف) تتواجد فى المخللات وبعض الأغذية المتخمرة الأخرى.

4 - *Staphylococcus*

تتواجد هذه الخلايا غير المتحركة مفردة أو فى أزواج أو تجمعات غير منتظمة أو تجمعات تشبه عناقيد العنب وهى لاهوائية اختياراً ولها نظام تمثيل غذائى تنفسى وتخمرى ومعظم السلالات يمكنها النمو فى وجود تركيز من الملح يتراوح من 7.5 إلى 15 ٪. وهى عادة حساسة للحرارة ومتوسطة المقاومة للإشعاع. تتواجد فى الكثير من المنتجات الغذائية وليس لها قدرة عالية على التنافس مع باقى الأحياء الدقيقة. من أهم أنواعها *S. aureus* الذى يسبب تسمماً غذائياً للإنسان.

5 - *Streptococcus*

تتواجد هذه البكتريا فى أزواج أو سلاسل قصيرة أو طويلة، لا هوائية اختياراً، سالبة لاختبار الكتاليز وبالتالى يحدث تجمع لفوق أكسيد الهيدروجين H_2O_2 ، تخمر الجلوكوز منتجة حامض لاكتيك بصفة رئيسية لذا تسمى متجانسة التخمر homofermentative . وتخمير الكربوهيدرات إلى حامض لاكتيك يعتبر مرغوباً فى بعض المنتجات مثل اللبن المخيض buter milk والجبن والياغورت (الزبادى) والكرنب المخلل saurkraut وخلافه .. ولكنه يسبب فساداً لبعض الأغذية مثل اللبن الطازج. بعض أنواع هذا الجنس يعتبر عاملاً مسبباً للتسمم الغذائى والبعض الآخر يسبب أمراضاً أخرى للإنسان.

يقسم الجنس على أساس سريولوجى بواسطة تفاعل الجسم المقاوم المرسب precipitin reaction إلى مجاميع لانسفيلد Lancefield groups وتأخذ الحروف D, C, B, A .. وهكذا ولكن عادة ما تقسم البكتريا التابعة لهذا الجنس وذات الأهمية فى مجال الأغذية إلى أربع مجموعات:

أ – Pyogenic و هى تلك المنتجة للصديد pus producing وهذه لا تنمو على 10 °م أو45 °م (50 أو 113 °ف) والأنواع التابعة لهذه المجموعة تسبب أمراضاً للإنسان مثل النوع *S. pneumoniae* الذى يسبب الالتهاب الرئوى والنوع *S. pyogenes* الذى يسبب التهاب الزور والحمى القرمزية، وبعض سلالات هذا النوع تسبب تسمماً غذائياً .. وهذا النوع يتبع مجموعة A من مجاميع لانسفيلد.

ب – Viridans وهى تلك المجموعة الهامة فى الجبن والزبادى وهذه تنمو على45 °م (113 °ف) ولا تنمو على 10 °م (50 °ف) وهى مقاومة للحرارة مثل *S. thermophilus* .

جـ – Lactic تشمل بكتريا اللبن وتنمو على 10 °م (50 °ف) وليس 45 °م (113 °ف)، من أهم أنواعها *S. lactis* التى تستخدم كبادئ فى صناعة الجبن واللبن المخيض ولكنها تسبب حموضة اللبن الخام. والجدير بالذكر أن النوع *S. lactis* أصبح الآن ضمن أفراد الجنس *Lactococcus* والأخير يضم جميع أفراد الجنس *Streptococcus* التابعة لمجموعة N من مجاميع لانسفيلد.

د – Enterococci وقد اقترح بعض الباحثين وضع هذه المجموعة تبع الجنس *Enterococcus* وأهم أفراد هذه المجموعة النوع *Enterococcus faecalis* المعروف سابقاً باسم *Streptococcus faecalis* وهذا النوع يتبع مجموعة D من مجاميع لانسفيلد، ومن سلالات هذا النوع ما يسبب أمراضاً للإنسان ومنها ما يسبب تسمماً غذائياً للإنسان. ومجموعة *enterococci* يمكنها النمو على 10 °م (50 °ف) و 45 °م (113 °ف).

تنتشر البكتريا التابعة للجنس *Streptococcus* انتشاراً واسعاً حيث توجد فى الهواء والماء والمجارى والتربة وعلى النباتات وفى أمعاء الإنسان والحيوان وفى منتجات غذائية متنوعة.

سادساً : البكتريا الموجبة لصبغة جرام العصوية المنتظمة غير المكونة للأبواغ Regular, Nonsporing, Gram - Positive Rode (section 14)

وتضم ثلاثة أجناس هامة فى مجال الأغذية هى :

1- *Brochotrix*

هذه البكتريا تكون سلاسل خيطية طويلة، لا هوائية اختياراً، سيكروتروفية ودرجة الحرارة المثلى للنمو 20 - 25 °م (68 – 77 °ف) ولكنها تنمو فى مدى من درجات الحرارة يتراوح بين صفر إلى 45 °م (32 – 113 °ف) ويعتمد ذلك على السلالة، تنمو فى مدى واسع من pH (5 - 9) وفى وجود تركيز ملح طعام من 6.5 إلى 10 ٪، تتحمل معاملة حرارية خمس دقائق على 63 °م (145 °ف) . وهى تسبب فساد اللحوم ومنتجاتها عندما تخزن تحت ظروف لا هوائية أو فى عبوات مفرغة محفوظة مبردة. يوجد نوع واحد فقط هو *B.thermophacta* .

2 - *Lactobacillus*

عصويات عادة طويلة غير متحركة، إسطوانية تكون فى سلاسل، معظم الأنواع تحتاج لقليل من الهواء وبعضها لاهوائى لا يمكنها تكوين الڤيتامينات اللازمة لها لذا فهى لا تنمو فى الأغذية الفقيرة فى محتواها من الڤيتامينات. سالبة لاختبار الكتاليز؛ بعض أنواعها متجانس التخمر homofermentative مثل *L. helveticus* , *L. acidophilus* والبعض

الآخر مختلط التخمر heterofermentative مثل *L. fermentum* . تتواجد هذه البكتريا فى الكثير من الأغذية مثل منتجات الألبان والحبوب واللحوم والفاكهة وعصائرها والعجائن والمخللات المختلفة. من هذه البكتريا ما تسبب فساد بعض الأغذية مثل السجق حيث تنمو عليه بعض الأنواع مكونة لوناً أخضر. كذلك فإن اللحم المعبأ تحت تفريغ يصبح حامضياً بفعل بعض أنواع هذه البكتريا كما تفسد بعض الأغذية المحفوظة بالخل مثل الكاتشب والمايونيز – ومن ناحية أخرى فإن البكتريا التابعة لهذا الجنس منها ما هو مفيد فى بعض الصناعات الميكروبية النباتية والحيوانية التى تحتاج تخمر لاكتيكى مثل المخللات والسجق.

3 - *Listeria*

عصويات قصيرة موجبة لصبغة جرام لها القدرة على النمو على درجات حرارة من 2 إلى 42°م (36 – 108°ف) ، تحتاج لقليل من الهواء وهى تنمو فى مدى واسع من الـ pH (5.6 - 9.8)، موجبة لاختبار الكتاليز، تعتبر من البكتريا المسببة للتسمم الغذائى الفريدة فى نوعها مما يجعلها ذات أهمية فى مجال الأغذية حيث أن لها القدرة على النمو على درجات حرارة التبريد فى الكثير من الأغذية خاصة تلك التى لها pH أعلى من 6 . وبعكس معظم الخلايا الخضرية فإن خلايا هذه البكتريا يمكنها تحمل بعض معاملات البسترة ويمكنها أيضاً تحمل عملية إنضاج اللحم لمدة 60 يوماً . تتواجد فى الكثير من الأغذية مثل اللحوم ومنتجاتها والألبان ومنتجاتها، الدواجن، الأسماك والحيوانات الصدفية المائية والخضروات.

سابعاً : البكتريا الموجبة لصبغة جرام غير منتظمة الشكل غير المكونة للأبواغ Irregular, Nonsporing, Gram - Positive Rods (section 15)

وتضم أربعة أجناس هامة فى مجال الأغذية هى :

1 - *Arthrobacter*

تظهر الكائنات التابعة لهذا الجنس تشكيلاً متعدداً pleomorphism فقد تظهر الخلايا الكروية بمظهر كروى أو بيضاوى أو بها استطالة بسيطة وعند نقل الخلايا الكروية الكبيرة إلى بيئة حديثة يخرج من الخلايا من 1 إلى 3 أنابيب إنبات germination tubes وتلك تتحول إلى عصويات مختلفة فى الشكل والحجم وعندما تتقدم هذه الخلايا فى العمر تتحول

إلى كرويات. والخلايا الكروية تكون موجبة لصبغة جرام أما العصويات فنجد بها حبيبات موجبة لصبغة جرام محاطة بمواد خلوية سالبة لصبغة جرام. أفراد هذا الجنس موجبة لاختبار الكتاليز وتتواجد عادة فى التربة ولكنها عزلت من منتجات اللحوم والدواجن والألبان والأسماك وعادة ما تكون خاملة فى الأغذية.

2 - *Brevibacterium*

أفراد هذا الجنس كبيرة الشبه بالجنس *Arthrobacter* . وعموماً هناك نوع واحد هام فى مجال الأغذية هو *B. linens* وهو هام فى إنتاج نكهة الجبن خاصة الجبن اللمبرجر Limburger cheese.

3 - *Corynebacterium*

يمكن تقسيم أفراد هذا الجنس إلى ثلاثة أقسام : الأول يشمل كائنات متطفلة وممرضة للإنسان والحيوان والثانى يشمل كائنات ممرضة للنبات والثالث يحوى كائنات غير ممرضة.

وتتميز أفراد هذا الجنس بظاهرة التشكل المتعدد وخلاياه عصويات مستقيمة أو منحنية ولكن لها ميل لتكوين أشكال هراوه ومستدقة الرأس Club and pointed shapes وهذه البكتريا عادة غير متحركة وموجبة لصبغة جرام. أفضل نمو لها فى الظروف الهوائية ولكن يمكنها النمو فى ظروف لا هوائية. أشهر الأنواع التابعة لهذا الجنس النوع *C. diphtheriae* المسبب لمرض الدفتريا فى الإنسان والذى ينتقل عن طريق الغذاء.

أهم المصادر الطبيعية لهذه الكائنات الماء والتربة والنباتات والحيوانات خاصة ضرع الأبقار. أفراد هذا الجنس لها علاقة بفساد الأغذية ولكن هناك شكاً فى أنها المسبب الأول أو الرئيسى لفساد الغذاء.

4 - *Microbacterium*

عصويات قصيرة غير منتظمة موجبة لصبغة جرام غير متحركة منتجة لإنزيم الكتاليز تنتج حامض اللاكتيك من السكاكر أى أنها متجانسة التخمر homofermentative، من أهم مميزات بعض أفراد هذا الجنس أنها مقاومة للحرارة حيث تتحمل معاملة حرارية لمدة 10

دقائق على درجة حرارة80 إلى85 °م (176 – 185 °ف) وبالتالى يمكن أن تتواجد فى اللبن الطازج المبستر وتسبب فساده نظراً لقدرتها على إنتاج حامض اللاكتيك، كذلك فإنها تسبب فساد نكهة بعض منتجات اللحوم، وقد عزلت هذه البكتريا من بعض الأغذية مثل منتجات اللحوم والدواجن والبيض والألبان.

5 - *Propionibacterium*

تتميز أفراد هذا الجنس أيضاً بظاهرة التشكل المتعدد وعموماً فهى عصويات صغيرة وفى بعض البيئات قد تكون كروية غير مكونة للجراثيم موجبة لصبغة جرام وموجبة لاختبار الكتاليز ولاهوائية إلى مقاومة للهواء aerotolerant. تخمر الكربوهيدرات وتنتج حامض بروبيونيك وحامض خليك وثانى أكسيد الكربون مع كميات قليلة من أحماض عضوية أخرى. الأفراد الملونة التابعة لهذا الجنس تسبب فساد لون الجبن ويستخدم أحد الأنواع التابعة لهذا الجنس فى صناعة الجبن السويسرى.

13 - 3 - 1 - 2 البكتريا المكونة للأبواغ

Endospore - forming Gram - Postive Rods and Cocci (section 13)

أهم الأجناس المكونة للأبواغ هما الجنسان *Colostridium , Bacillus* ، بالإضافة لذلك توجد أجناس أخرى مكونة للأبواغ أهمها *Oscillospira , Desulfotomaculum* *Sporosarcina, Sporolactobacillus* وسوف نتناول الأجناس الثلاثة الأولى بالشرح.

أولاً : *Bacillus*

عصويات موجبة لصبغة جرام معظمها متحرك وهى منتجة للكتاليز تنتج حامضاً من الجلوكوز ولكنها لا تنتج غازاً. تتباين الأنواع المختلفة فى قدرتها على تحليل البروتين والدهون وإنتاج الغاز. تتفاوت أفراد هذا الجنس فى احتياجها من الأكسجين من هوائية إجباراً إلى لاهوائية اختياراً وتتفاوت أيضاً فى المدى من درجات الحرارة الذى تنمو عليه فمنها ما يمكنه النمو على درجات الحرارة المنخفضة psychrotrophic والمحب لدرجات الحرارة المتوسطة والمحب لدرجات الحرارة العالية وبالتالى فإن درجة الحرارة الدنيا لهذا الجنس تتراوح بين -5 °م إلى 45 °م (23 إلى 113 °ف) ودرجة الحرارة القصوى للنمو تتراوح

بـين 25 ْم (77 ْفـ) لبـعض الأنواع بينمـا تـصل 75 ْم (167 ْفـ) لأنواع أخـرى، كـذلك بالنسبة للـ pH حيث يتراوح المدى بين 2 - 8 ، وبعض الأنواع لا يمكنها مقاومة تركيز ملح أكثر من 2 ٪ في حين البعض الآخر يمكنه النمو عند تركيز ملح يصل 25 ٪. أهم المصادر الطبيعية لهذه البكتريا هو التربة وتعتبر المواد الخام الداخلة في تصنيع الأغذية (المكونات المضافة) مثل التوابل والدقيق والسكر والنشا بمثابة مصادر لانتقال هذه البكتريا إلى الأغذية المصنعة مثل السجق والخبز والأغذية المعلبة. ومن أهم أنواع هذا الجنس ما يلي:

B. subtilis هذه البكتريا تكسر البكتين والسكاكر العديدة في أنسجة النباتات وتسبب فساد المنتجات النباتية الطازجة.

B. stearothermophilus وهي تسبب فساد الأغذية المعلبة ذات الحموضة المنخفضة.

B. coagulans تسبب فساد منتجات الطماطم.

B. cereus تسبب نوعين من التسمم الغذائي.

B. anthracis تسبب مرض الجمرة anthrax للإنسان والحيوان.

ثانياً: *Clostridium*

عصويات موجبة لصبغة جرام سالبة لاختبار الكتاليز لاهوائية إجباراً بإستثناء بعض الأنواع القليلة التي تكون مقاومة للهواء aerotolerant. تعتبر التربة أهم مصادر التلوث بأبواغ هذه البكتريا كذلك تعتبر الأعلاف وكذلك السماد manure من مصادر التلوث. يمكنها مقاومة تركيزات من الملح تتراوح بين 2.5 إلى 6.5 ٪. يمكن تثبيط هذه البكتريا بواسطة نيترات الصوديوم (0.5 إلى 1 ٪) أما التركيز المميت من الكلورين لهذه البكتريا فهو 2.5 ميكرو جرام / مل.

بعض أنواع هذا الجنس تحدث أمراضاً خطيرة للإنسان مثل الغرغرينا الغازية gas gangrene والتيتانوس والبعض الآخر يسبب تسمماً غذائياً، ومنها ما يسبب فساد بعض الأغذية. ومن ناحية أخرى فإن بعض أفراد هذا الجنس يستخدم في إنتاج بعض المركبات الهامة مثل حامض البيوتيريك وكحول البيوتيل والأسيتون والإنزيمات. من أهم الأنواع ما يلي :

C. botulinum وهو من أهم الأنواع فى مجال الأغذية حيث يسبب تسمماً غذائياً خطيراً كما أن المعاملات الحرارية المتبعة فى صناعة تعليب الأغذية ذات الحموضة المنخفضة يتم حسابها على أساس القضاء على أبواغ هذا النوع.

C. perfringens بعض سلالات هذا النوع تسبب الغرغرينا الغازية والبعض الآخر يسبب تسمماً غذائياً.

C. butyricum يسبب إنتاج غاز فى خثرة الجبن.

C. putrefaciens أفراد هذا النوع محبة لدرجات الحرارة المتوسطة وتسبب تعفن بعض الأغذية.

C. thermosaccharolyticum أفراد هذا النوع محبة لدرجات الحرارة العالية وتسبب الفساد الغازى للخضروات المعلبة.

ثالثاً : *Desulfotomaculum*

تختزل هذه البكتريا مركبات الكبريت مثل الكبريتات والكبريتيت إلى غاز H_2S . من أهم الأنواع *D. nigrificans* وهو محب لدرجات الحرارة العالية ويسبب الفساد الكبريتدى sulfide spoilage فى الأغذية المعلبة.

13 - 3 - 1 - 3 مجموعات أو أقسام Sections أخرى من البكتريا الهامة فى مجال الأغذية

أولاً: Mycobacteria (section 16)

نجد أن عائلة *Mycobactereaceae* هى العائلة الوحيدة فى هذه المجموعة وأفرادها تظهر تفرعا أثريا أو تفرعا غير حقيقى وقد يكون التفرع معدوماً. والجنس *Mycobacterium* (به 54 نوعاً) هو أهم جنس بهذه العائلة. تبدو خلايا هذا الجنس عصوية مستقيمة غير متحركة موجبة لصبغة جرام وموجبة للصبغ المقاوم للأحماض (من أهم الصفات المميزة للجنس)، يتميز الجنس بكثرة إحتواء خلاياه على مواد شمعية أو دهنية خاصة حامض الميكوليك mycollic acid المسؤول عن الإيجابية فى الصبغ المقاوم للأحماض. يعتبر النوع

*M. tuberculosis*من أهم الأنواع التابعة لهذا الجنس وهذا النوع هو المسبب لمرض السل فى الإنسان والحيوان. والجدير بالذكر أن مرض السل كان ينتشر قديماً عن طريق الغذاء خاصة اللبن (لذلك صممت عملية البسترة للبن على أساس القضاء الكامل على هذا الكائن) أما الآن فإن انتقال السل يحدث عن طريق الهواء airborne disease وليس عن طريق الغذاء.

ثانياً : Streptomycetes and related genera (section 29)

أهم جنس بهذه المجموعة هو الجنس *Streptomyces* (بـه 142 نوع) وهو يمثل الاكتينوميسيتات actinomycetes الهامة فى مجال الأغذية خاصة فى مجال الصناعات الميكروبية (إنتاج المضادات الحيوية).

عندما تنمو خلايا هذا الجنس فإنها تعطى هيفات خضرية متفرعة بغزارة ونادراً ما تتجزأ. خلاياه هوائية موجبة لصبغة جرام موجبة لاختبار الكتاليز تختزل النيترات إلى نيتريت وتحلل الكازين والجيلاتين، درجة الحرارة المثلى للنمو 25 - 30 °م (77 - 86 °ف) والـ pH الأمثل يتراوح بين 6.5 إلى 8 . ينتشر هذا الجنس فى التربة والمواد العضوية المتحللة والأسمدة العضوية.

عدد قليل من أفراد هذا الجنس ممرض للحيوان والإنسان كما أن بعض أفراده ممرض للنبات مثل النوع *S. scabies* الذى يسبب الجرب فى البطاطس. والبعض الآخر يسبب فساد الأغذية عندما تنمو عليها حيث تسبب تغير مظهر الغذاء ورائحته (رائحة التربة earthy odour) ومن ناحية أخرى فهناك أفراد كثيرة من هذا الجنس تستخدم فى إنتاج المضادات الحيوية.

13 - 3 - 2 الفطـــريات Fungi

تضم مملكة الفطريات مجموعة كبيرة من الكائنات الحية الدقيقة والجدير بالذكر أن عدد الفطريات غير محدد حتى الآن فنجد أن بعض الفطريات لم تعزل بعد ولم يتم التعرف عليها حتى الآن ومن ناحية أخرى فقد أطلق على بعض الفطريات أكثر من اسم. والفطريات منتشرة فى كل مكان حيث نجدها فى التربة والهواء والماء والمواد العضوية المتحللة. والفطريات كائنات مترممة أو متطفلة.

تقسم الفطريات للسهولة إلى مجموعتين الأولى هى الفطريات الخيطية filamentous fungi وهى فطريات عديدة الخلايا وهذه المجموعة تشمل الأعفان moulds وأيضاً الفطريات التى تكون أجساماً ثمرية كبيرة مثل عيش الغراب mushrooms والغاريقون السام toadstool والفطريات النفاشة puff - balls ، أما المجموعة الثانية فهى الخمائرyeasts وهى الفطريات وحيدة الخلية. ويهمنا فى مجال الأغذية الأعفان والخمائر.

13 - 3 - 2 - 1 الأعفــــان Moulds

الأعفان هى تلك الفطريات الخيطية المجهرية microscopic filamentous fungi وهى فطريات عديدة الخلايا ويمكن التعرف على نموها على الأغذية من مظهرها الفرائى furry أو القطنى cottony . وقد يظهر النمو الفطرى أبيض اللون أو ملوناً أو قاتماً.

نجد أن الوحدة التركيبية الرئيسية للأعفان عبارة عن شبكة من خيوط تعرف باسم هيفات hyphae والمفرد هيفا hypha حيث تتشابك الهيفات فى تجمعات ملتفة مكونة الغزل الفطرى أو الميسيليوم mycelium.

ونجد أن الهيفات قد تنمو داخل المادة التى يتغذى عليها العفن وتقوم بإمتصاص الغذاء اللازم لها لذا فإنها تسمى هيفات مغمورة submerged أو أنها قد تبقى فى الهواء فوق المادة التى يتغذى عليها العفن وتسمى هيفات هوائية aerial كذلك فإن الهيفات قد تكون خضرية vegetative أو تكون هيفات تكاثر reproductive hyphae وقد تسمى هيفات خصبة fertile وهى تلك الهيفات التى تنتج أبواغاً، وعادة تكون الهيفات المغمورة خضرية وتكون الهيفات الهوائية خصبة.

ونظراً لوجود اختلافات واضحة بين الأعفان فى شكلها الظاهرى سواء بالعين المجردة macro - morphology أو بالمجهر micro - morphology فإن هذه الاختلافات تستخدم فى تقسيم الأعفان. فإذا حاولنا فحص الأعفان بالعين المجردة نجد أن الهيفا الواحدة يصعب تميز لونها ولكن يمكن تمييز لون الميسيليوم الذى قد يكون ذا لون أبيض أو رمادى أو بنى أو أخضر. كذلك فإن نمو الميسيليوم قد يكون محدداً أو قد يكون منتشراً.

وبواسطة المجهر يمكن تمييز ما إذا كانت الهيفات مقسمة septate كما فى حالة

الفطريات العليا higher fungi أو غير مقسمة coenocytic or non sepetate كما فى حالة الفطريات الدنيا lower fungi كذلك يمكن التعرف على بعض التراكيب الخاصة من الميسليوم والتى تستخدم فى تقسيم الأعفان مثل أشباه الجذور rhizoids الموجودة فى الجنس *Rhizopus* وخلية القدم foot cell الموجودة فى الجنس *Aspergillus* والتفرع ثنائى الشعب dichotomous أو التفرع فى شكل حرف Y كما فى الجنس *Geotrichum* .

13 - 3 - 2 - 1 - 1 طرق تكاثر الأعفان

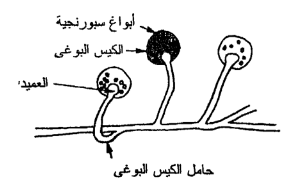
تتكاثر الأعفان لاجنسياً وجنسياً – والفطريات التى عرف طور تكاثرها الجنسى تعرف باسم الفطريات الكاملة perfect fungi أما التى لم يعرف طورها الجنسى بعد فتعرف باسم الفطريات الناقصة imperfect fungi .

ويتم التكاثر اللاجنسى عن طريق إنتاج أبواغ spores مباشرة من أو بواسطة الميسيليوم وأهم هذه الأبواغ: الأبواغ السبورنجية sporangiospores – الأبواغ الكونيدية conidiospores – والأبواغ الأرثرووية arthrospores – الأبواغ البلاستووية blastospores – والأبواغ الكلاميدية chlamydospores .

أما التكاثر الجنسى فيتم عن طريق أبواغ جنسية أهمها الأبواغ الأوئية oospores – والأبواغ الزيجية zygospores – والأبواغ الأسكية ascospores – والأبواغ البازيدية basidiospores وسوف نلقى الضوء على كل من الأبواغ الزيجية والأسكية.

أولاً : أهم الأبواغ اللاجنسية

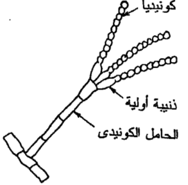
1- **الأبواغ السبورانجية :** sporangiospores وهذه تتكون عادة بأعداد كبيرة داخل كيس يسمى الكيس البوغى sporangium عند نهاية هيفا خصبة تسمى حامل الكيس البوغى sporangiophore الذى قد ينتهى بجزء منتفخ يسمى العميد columella وهو تركيب على شكل قبة dome - shaped يفصل بين المنطقة المكونة للأبواغ sporulating وتلك غير المكونة للأبواغ داخل الكيس البوغى شكل رقم 13 - 3 .



شكل رقم 13 - 3 : الأبواغ السبورنجية والكيس البوغى وحامل الكيس البوغى فى الجنس *Mucor* (شكل توضيحى)

المصدر : Frazier and Westhoff (1988)

2- **الأبواغ الكونيدية :** conidiospores وقد يطلق علها كونيديا conidia (والمفرد كونيديم conidium) وهى عبارة عن برعم أو جزء من هيفا خصبة خاصة تسمى الحامل الكونيدى conidiophore وعادة تكون فى العراء وليست داخل وعاء container وتختلف الكونيديا فى الشكل والحجم واللون والملمس وعدد الخلايا المكونة لها كذلك قد توجد مفردة أو فى مجاميع مختلفة وقد تكون محمولة فوق ذنيبات sterigmata (شكل رقم 13 – 4) أولية أو ثانوية.



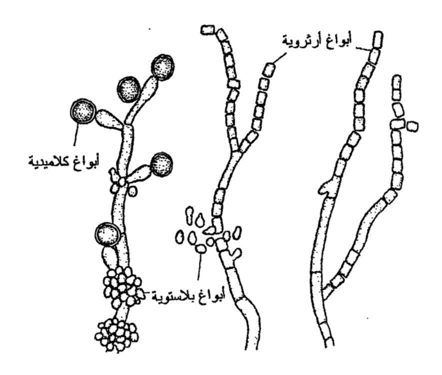
شكل رقم 13 - 4 : الكونيديا محمولة على ذنيبات أولية على الحامل الكونيدى فى الجنس *Penicillium* (شكل توضيحى)

المصدر : Frazier and Westhoff (1988)

3- **الأبـواغ الأرثـرووية :** arthrospores = arthroconidia وقد تسمى أوإيديا oidia وهى أبواغ تتكون بتكسر الميسيليوم إلى شظايا فتصبح خلايا الهيفا هى الأبواغ (شكل رقم 13 - 5).

4- **الأبواغ البلاستووية :** blastospores وهذه تتكون نتيجة حدوث تبرعم من أو انتفاخ فى الجزء من الهيفا المكونة لها (شكل رقم 13 – 5).

5- **الأبواغ الكلاميدية :** chlamydospores = chlamydoconidia وهى أبواغ مقاومة للظروف البيئية ولها جدار سميك تتكون من الميسيليوم حيث نجد بعض الخلايا فى أماكن متفرقة من الميسليوم بدأت فى تخزين زائد للغذاء بداخلها ثم تنتفخ وتكون جدار سميك (شكل رقم 13- 5).



شكل رقم 13 - 5 : الأبواغ الأرثرووية والبلاستووية والكلاميدية فى
Candida albicans - *Trichosporium beigeli* - *Geotrichum* sp.
(شكل توضيحى)
المصدر : Alexopoulos (1972)

ثانياً : أهم الأبواغ الجنسية

1- **الأبواغ الزيجية** : zygospores وتكونها الفطريات ذات الهيفات غير المقسمة التابعة لقسم : *Zygomycotina*: Division وتتكون من إتحاد طرفى هيفتين متشابهتين فينتج أبواغ لها جدار سميك مقاومة للظروف البيئية غير المناسبة.

2- **الأبواغ الأسكية** : ascospores وتكونها الفطريات ذات الهيفات المقسمة التابعة لقسم : *Ascomycotina*: Division وتتكون نتيجة إتحاد خليتين (من نفس الميسيليوم أو كل واحدة من ميسيليوم مختلف) وبعد حدوث الاندماج والانقسام تنتج الأبواغ التى تكون داخل أكياس ascus وبكل كيس يوجد عادة 8 أبواغ أسكية.

14 - 3 - 2 - 1 - 2 أهم الصفات الفسيولوجية للأعفان

تتميز الأعفان بأنها تحتاج رطوبة متاحة أقل من تلك التى تحتاجها البكتريا والخمائر أى أن لها القدرة على النمو تحت ظروف من الجفاف أكثر من غيرها من الكائنات الحية الدقيقة.

ونجد أن معظم الأعفان تعتبر محبة لدرجة الحرارة المتوسطة mesophiles، ودرجة الحرارة المثلى لنمو معظم الأعفان تتراوح بين 25 إلى 30°م (77 - 86°ف) ولكن بعضها ينمو جيداً على درجات حرارة 35 إلى 37°م (95 - 99°ف) أو أكثر مثل بعض أنواع الجنس *Aspergillus*، وبعض الأعفان يكون محباً لدرجات الحرارة المنخفضة psychrophiles أى ينمو جيداً على درجة حرارة التبريد العادية 0 - 5°م (32 - 41°ف) بينما البعض يمكنه النمو ببطء على درجة حرارة أقل من الصفر المئوى (32°ف)، يوجد قليل من الأعفان المحب لدرجة الحرارة المرتفعة thermophiles . ويسهل قتل الأعفان بالحرارة فالميسيليوم حساس لدرجة الحرارة وأيضاً أبواغ الأعفان يسهل القضاء عليها بالحرارة.

تحتاج الأعفان ذات الأهمية فى مجال الأغذية إلى الأكسجين لنموها أى أنها هوائية aerobic، ويمكن للأعفان النمو فى مدى واسع من الـ pH (2 إلى 8.5) ولكن الغالبية العظمى تفضل الوسط الحامضى. كما يمكنها استهلاك العديد من الأغذية وذلك لقدرتها على إنتاج إنزيمات محللة متنوعة .

13 - 3 - 2 - 1 - 3 أهم أجناس الأعفان فى مجال الأغذية

تضم الأعفان الهامة فى الأغذية بعض الفطريات الدنيا lower fungi ويهمنا منها قسم: زيجوميكوتينا Division : *Zygomycotina* أما معظم الأعفان الهامة فى الأغذية فإنها تتبع الفطريات العليا higher fungi، ويهمنا هنا قسمان هما أسكوميكوتينا Division: *Ascomycotina* وديوتيروميكوتينا Division: *Deuteromycotina* وأيضاً يعرف القسم الأخير باسم الفطريات الناقصة imperfect fungi .

أولاً : قسم: Division : *Zygomycotina*

يعتبر هذا القسم من الفطريات الدنيا lower fungi وفى نفس الوقت من الفطريات الكاملة perfect fungi لأن أفراده تتكاثر جنسياً بواسطة الأبواغ الزيجية وسوف نناقش ثلاثة أجناس تابعة لهذا القسم وهى *Thamnidium , Rhizopus , Mucor* .

1 - *Mucor*

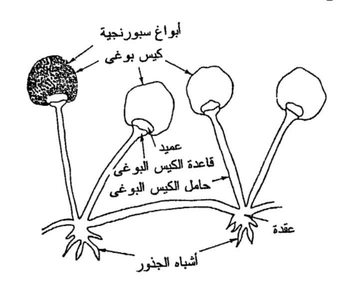
الهيفات غير مقسمة والتكاثر اللاجنسى عن طريق تكوين أبواغ سبورانجية sporangiospores ناعمة ومنتظمة داخل أكياس sporangium محمولة على حوامل sporangiophores هوائية ويوجد عُميد columella – فى نهاية حامل كيس الأبواغ – دائرى أو مستطيل أو كمثرى الشكل (أنظر شكل رقم 13 -3) .

يتواجد العفن فى التربة والروث والحبوب المخزنة والخضروات والفاكهة. يسبب العفن فساد الكثير من الأغذية وعلى النقيض فإن هذا الجنس له استخدامات فى مجال الصناعات الميكروبية حيث يستخدم فى إنتاج أغذية متخمرة خاصة فى الشرق الأقصى كما يستخدم فى إنتاج الإنزيمات.

2 - *Rhizopus*

الهيفات غير مقسمة، تتواجد الأبواغ داخل أكياس كبيرة سوداء اللون محمولة على حوامل الأكياس البوغية sporangiophores التى تنشأ عند مناطق العقد nodes والتى يتواجد عندها كذلك أشباه الجذور rhizoids ، يوجد عُميد columella نصف دائرى مع

وجود قاعدة للكيس البوغى apophysis (شكل رقم 13- 6) . يسبب العفن فساد أنواع مختلفة من الأغذية المخزنة ويعتبر النوع *R. stolonifer* عفن الخبز الشائع كما أن له القدرة على إنتاج إنزيمات محللة للبكتين وبالتالى فإنه يسبب التعفن الطرى soft rot لكثير من النباتات. يستخدم العفن فى إنتاج بعض الأغذية المتخمرة.

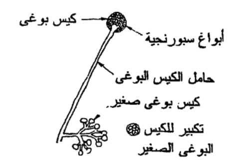


شكل رقم 13 - 6 : الجنس *Rhizopus* (شكل توضيحى)

المصدر : Frazier and Westhoff (1988)

3 - *Thamuidium*

ما يميز هذا الجنس عن الجنسين السابقين أن حامل الكيس البوغى sporangiophore يتفرع فى شكل تفرع شجيرى قرب القاعدة وكل فريع يحمل كيساً بوغياً صغيراً sporangiole يحتوى على عدد قليل من الأبواغ (2 - 12 بوغ) (شكل رقم 13– 7) وقد وجد أن درجة الحرارة المنخفضة والضوء يشجعان تكوين sporangia بعكس sporangioles . أما الأبواغ الزيجية فإنها تتكون على درجة حرارة 6 - 7°م (43 - 45°ف) وليست على 20°م (68°ف) . يتواجد هذا العفن على الأغذية المبردة خاصة على اللحوم ويسبب فساداً يسمى أسَلّة whiskers وهذا العفن فاتح اللون وله نمو منتشر.



شكل رقم 13 - 7 : الجنس *Thamnidium* (شكل توضيحى)
المصدر : Frazier and Westhoff (1988)

ثانياً : قسم : Division : *Ascomycotina*

هيفات الأعفان التابعة لهذا القسم مقسمة وتتكاثر أفراده جنسياً بواسطة الجراثيم الأسكية التى تتواجد داخل أكياس ascus . وهنا يقال أن الفطر فى الحالة الكاملة prefect state أما الفطريات التى لم يكتشف تكاثرها الجنسى بعد فإنه يطلق عليها اسم الفطريات الناقصة imperfect fungiوتوضع مع قسم : Division : *Deuteromycotina* ويعتقد أن حوالى ثلث إلى نصف الفطريات الناقصة تتبع قسم : Division : *Ascomycotina* ولكن لم يكتشف الطور الجنسى لها بعد .

ويضم هذا القسم الكثير من الأعفان والخمائر وعلى الرغم من أن عدد الأجناس التى يضمها هذا القسم حوالى 2000 إلا أن ماله أهمية فى مجال الأغذية يعتبر محدوداً وفيما يلى وصف لأهم الأعفان ذات الأهمية فى هذا المجال وتشمل ثلاثة أجناس هى:

.*Neurospora* , *Claviceps* , *Byssochlamys*

1 - *Byssochlamys*

يتكاثر جنسياً بواسطة الأبواغ الأسكية ولاجنسياً بواسطة الأبواغ الكونيدية التى تتواجد فى سلاسل. من أهم الأنواع التابعة لهذا الجنس *B. fulva* الذى يتميز بقدرته على النمو فى

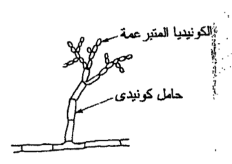
بيئات منخفضة المحتوى من الأكسجين وحامضية كما أنه يكون أبواغاً أسكية مقاومة للحرارة وينتج إنزيمات لها قدرة كبيرة على تحليل البكتين؛ وهذه الصفات مجتمعة تجعل هذا العفن له القدرة على إحداث فساد فى الفاكهة المعلبة وعصائر الفاكهة. كذلك فإن النوع *B. nivea* ينتج السم الفطرى المعروف باسم باتشلين Patulin .

Claviceps - 2

يعتبر النوع *C. purpurea* من أهم الأنواع التابعة لهذا الجنس حيث يتميز بقدرته على إنتاج سموم فطرية على الحبوب، وهذه السموم عبارة عن قلويدات alkaloids وقد نشأت حالات تسمم فى الماضى كان آخرها عام 1951 ويرجع انحسار انتشار هذا التسمم إلى تحسين تداول الحبوب.

Neurospora - 3

أهم ما يميز هذا الجنس وجود الكونيديا المتبرعمة budding conidia (شكل رقم13-8)، وقد تم اكتشاف تكوين الأبواغ الأسكية (الطور الجنسى) ذات الشكل المضلع ribbed ascospores لذلك سمى هذا العفن *Neurospora* وأصبح يتبع *Ascomycotina* وقبل اكتشاف الطور الجنسى كان أسمه *Monilia* ويتبع الفطريات الناقصة. والجدير بالذكر أن تكوين الأبواغ الأسكية يكون نادر الحدوث بعكس تكوين الكونيديا المتبرعمة (الطور اللاجنسى) الشائع الحدوث.



شكل رقم 13 - 8 : الكونيديا المتبرعمة فى الجنس *Neurospora* (شكل توضيحى)

المصدر : Frazier and Westhoff (1988)

من أهم الأنواع التابعة لهذا الجنس *N. sitophila* المعروف بعفن الخبز الأحمر وذلك بسبب نموه الملون على الخبز، كذلك فإن هذا الفطر ينمو على باجاس (مصاصة) قصب السكر وعلى العديد من الأغذية مما يسبب فسادها. ومن ناحية أخرى نجد أن هذا العفن يستخدم فى إنتاج أغذية متخمرة فى الشرق الأقصى (الاونتجوم الأحمر red ontjom وهو ناتج من تخمر عجينة الفول السودانى المضغوطة).

ثالثاً : قسم : Division : *Deuteromycotina*

يضم هذا القسم مجموعة كبيرة من الفطريات غير المتجانسة والتى لها هيفات مقسمة وتتكاثر لا جنسياً ويمكن اعتبار أفراد هذا القسم فطريات تتبع إما *Ascomycotina* أو *Basidiomycotina* ولكن ليس لها طور جنسى بعد .. لذلك فإنها تسمى بالفطريات الناقصة وفيما يلى أهم أجناس الأعفان التابعة لهذا القسم:

1 - *Alternaria*

أهم ما يميز هذا الجنس هو تكوين كونيديا عديدة الخلايا مقسمة طولياً وعرضياً بنية اللون تتراص فوق بعضها فى سلاسل فوق الحامل الكونيدى الذى يكون قاتم اللون أيضاً وتظهر كتلة الميسيليوم الهوائى عادة باللون الرمادى المخضر أو البنى أو بلون الزيتون الأخضر (شكل رقم 13 - 9).



شكل رقم 13 - 9 : الكونيديا عديدة الخلايا المقسمة طولياً وعرضياً فى الجنس *Alternaria* (شكل توضيحى)

المصدر : Frazier and Westhoff (1988)

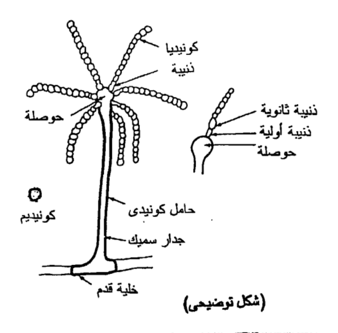
يعتبر أفراد هذا الجنس مسببا شائعاً لفساد الأغذية حيث يهاجم أنسجة الطماطم الضعيفة أو المجروحة فى الحقل، ونتيجة لنمو العفن القاتم فإن هذا الفساد يسمى بإسم التعفن الأسود كذلك فإن النوع *A. citri* يسبب تعفن الموالح ويساهم أفراد هذا الجنس فى تغيير نكهة بعض منتجات الألبان كما أن بعض أفراده تنتج سموماً فطرية.

Aspergillus - 2

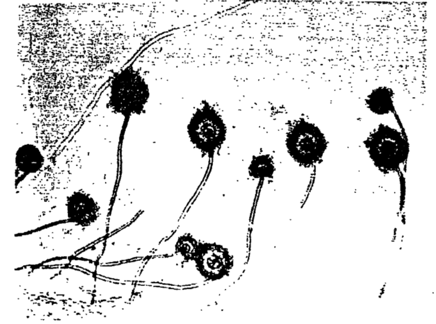
هيفات العفن مقسمة، ينمو فى مستعمرات محددة متماسكة، تخرج الحوامل الكونيدية من خلية القدم foot cell وهى عبارة عن خلية من خلايا الميسيليوم كبيرة الحجم ولها جدار سميك، ينتفخ الحامل الكونيدى فى نهايته مكوناً حوصلة vesicle عليها ذنيبات stregmata أولية وثانوية تترتب فوقها الكونيديا فى سلاسل، ويتراوح لون الكونيديا بين الأخضر والبنى والأسود حسب الأنواع المختلفة (شكل رقم 13 - 10).

ينتشر هذا العفن انتشاراً واسعاً فى الطبيعة حيث يتواجد فى التربة والمواد العضوية ويتواجد فى الفاكهة والخضروات والحبوب المخزنة وغيرها من منتجات الأغذية ويوجد منه حوالى 132 نوع ويعرف هذا الجنس مع أفراد الجنس *Penicillium* بفطريات التخزين فى الحبوب.

يسبب فساد لون الحبوب ويقلل أو يحطم إنبات البذور ويسبب هذا العفن فساد الكثير من الأغذية. كما أن من أفراد هذا الجنس ما ينتج سموماً فطرية وأشهرها *A. flavus*، *A. parasiticus* اللذان ينتجان السموم الفطرية الشهيرة المعروفة باسم الأفلاتوكسينات (ذيفانات أفلا) Aflatoxins. ومن ناحية أخرى فإن الكثير من أفراد هذا الجنس لها استخدامات صناعية مثل إنتاج الأحماض العضوية والإنزيمات كذلك يستخدم البعض فى إنتاج بعض الأغذية المتخمرة خاصة فى دول الشرق الأقصى أو يستخدم العفن كمصدر للبروتين كغذاء للحيوان أو الإنسان.



(شكل توضيحى)



الميسليوم والرؤوس الكونيدية كما تظهر تحت المجهر للجنس *Aspergillus*

شكل رقم 13 - 10 : شكل توضيحى وآخر مجهرى للجنس *Aspergillus*

المصدر : . Banwart (1989) - Frazier and Westhoff (1988)

Botrytis - 3

يتكاثر العفن لا جنسياً بواسطة الأبواغ الكونيدية التى تتواجد على ذنيبات قصيرة والحامل الكونيدى متفرع بغير انتظام ويلاحظ أن مكان وعدد الذنيبات يظهر الكونيديا كأنها عناقيد عنب (شكل رقم 13 - 11).



شكل رقم 13 - 11 : الجنس *Botrytis* (شكل توضيحى)
المصدر : Frazier and Westhoff (1988)

أكثر الأنواع شيوعاً هو *B. cinerea* الذى يسبب التعفن الرمادى لكثير من النباتات مثل الخس والطماطم والفراولة والعنب. وهو من فطريات الحقل حيث يأتى من التربة ويهاجم النباتات فى الحقل خاصة خلال مناطق الشقوق والجروح فى النبات.

Cladosporium - 4

تتكون الكونيديا إما من خلية واحدة أو من خليتين two - celled وتتواجد فى سلاسل متفرعة على الحامل الكونيدى وعندما تتكاثر الكونيديا بالتبرعم فإن ذلك يسبب التفرع (شكل رقم 13 - 12). مستعمرات العفن سميكة محدودة النمو ناعمة إلى قطيفية لونها أخضر أو زيتونى أو بنى أو أسود.

وهو من الأعفان القاتمة dark moulds التى تسبب بقعاً سوداء على عدة أغذية. ويشيع تواجد العفن فى التربة كما يمكنه النمو على الأنسجة الضامة connective tissues أو على الدهن المغطى للحم عندما يخزن عدة أيام فى الثلاجة وينتج عن ذلك تبقع لون اللحم

باللون الأسود، وأيضاً ينمو العفن على الحبوب المخزنة ومنتجات الألبان كما أن النوع *C. carpophilum* يسبب جرب الخوخ peach scab.



شكل رقم 13 - 12 : الجنس *Cladosporium* (شكل توضيحى)
المصدر : Frazier and Westhoff (1988)

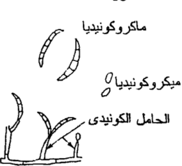
5- *Fusarium*

يظهر الميسيليوم بمظهر قطنى أو زغبى خفيف fluffy وتختلف الأنواع التابعة للجنس فى لونها فمنها الأبيض، الأبيض الوردى، الوردى، الأحمر، الأحمر البنى، البنى، البنى الفاتح، الخوخى، البرتقالى، الأزرق، البنفسجى، القرمزى. المستعمرات منتشرة النمو والكونيديا المتكونة بواسطة هذا العفن لها أشكال مختلفة منها الإسطوانى، المستطيل، الكروى، المنجلى، الكمثرى، الإبرى، الهلالى، البيضى. ويوجد نوعان من الكونيديا (شكل رقم 13-13) .

أ – ماكروكونيديا macroconidia وهى مكونة من عدة خلايا وعادة تكون منحنية عند نهايتيها المدببتين مثل شكل القارب المقوس canoe.

ب – ميكروكونيديا وهى خلية واحدة تكون بيضاوية أو مستطيلة.

تنتشر أفراد هذا الجنس انتشاراً واسعاً فى الطبيعة وتتواجد فى التربة والمواد المتحللة وفى كثير من الأغذية وبعض أفراده يسبب أمراضاً للنبات وهو من فطريات محاصيل الحقل حيث يسبب فساد الطماطم (تعفن الطماطم) ويسبب التعفن الجاف أو التعفن الأبيض فى





شكل رقم 13 - 13 : الجنس *Fusarium*

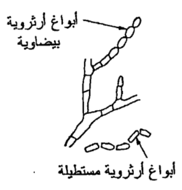
الشكل العلوى توضيحى، والسفلى تحت المجهر

المصدر : Frazier and Westhoff (1988) - Banwart (1981)

البطاطس (وذلك بواسطة *F. solani*) . كما يهاجم محاصيل الحبوب فى أنحاء كثيرة من العالم وفى بعض السنوات تسبب هذا الجنس فى فقد 50 ٪ من القمح وبعض المحاصيل الأخرى فى اليابان. كما أن أفراد هذا الجنس تنتج سموماً فطرية مثل مجموعة التريكوثيكينات trichothecenes ومنها السم الفطرى المعروف باسم دى أوكسى نيفالينول deoxynivalinol أو باسم فوميتوكسين vomitoxin والذى يتسبب فى رفض الحيوانات للعليقة المتواجد بها هذا السم وإذا تناولتها يحدث لها قئ vomiting.

Geotrichum - 6

عفن يشبه الخميرة وينمو بسرعة على درجات حرارة الغرفة مكوناً مستعمرات لونها أبيض أو كريمى وهناك بعض الأنواع لونها برتقالى وأحمر. الهيفات مقسمة ومتفرعة وتتكسر إلى أبواغ أرثروية arthrospores وهذه تكون مستطيلة أو بيضاوية أو كروية أو برميلية الشكل (شكل رقم 13 - 14).



شكل رقم 13 - 14 : الجنس *Geotrichum* (شكل توضيحى)

المصدر : Frazier and Westhoff (1988)

عادة ما يطلق على الجنس *Geotrichum* اسم عفن الألبان ومنتجاتها dairy mould وذلك لنموه على هذه المنتجات، ومن أهم أنواعه *G. candidum* الذى يسمى عفن الماكينات machinery mould وذلك لنموه على المعدات الملاصقة لأجزاء الغذاء أو العصائر أثناء التصنيع خاصة تلك المعدات التى لم يتم تنظيفها جيداً ويتبقى عليها بقايا الأغذية والعصائر وبالتالى يحدث تلوث بهذا الفطر لكثير من أنواع الأغذية المصنعة عن طريق المعدات.

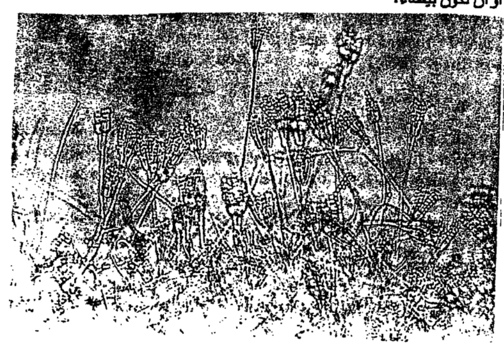
وطبعاً هذا الفطر يقتل بالحرارة المستخدمة فى التصنيع ولكن يمكن مشاهدة الهيفات (غير الحية) بواسطة الفحص المجهرى ووجود هذه الهيفات فى الأغذية المعلبة دليل على عدم إتباع الممارسات الصحية السليمة أثناء التصنيع.

Monascus - 7

أهـم نوع هـو *M. purpureus* وله نمو منتشر وله لون أحمـر أو قرمـزى يتـواجد فــى منتجات الألبان والأرز الأحمــر الصينــى chinese red rice والمعـــروف باسـم انـج – خـاك ang - khak. يستخدم هذا العفن حالياً كمصدر لإنتاج الصبغات الحمراء الطبيعية.

Penicillium - 8

هيفات العفن مقسمة والحامل الكونيـدى مقسـم ومتفرع مكوناً رأساً من الكونيـديا تشبـه المكنسة ويقسم هذا الجنس إلى مجموعات حسب تفرع الحامل الكونيدى، الحامل الكونيدى خشن ولكن الكونيديا ناعمة وكروية وتنشأ فـى سلاسل (شكل رقم 13 - 15 ، انظر أيضاً شكل رقم 13 - 4)، وقد يكون لونها أخضر أو أخضر رمادياً أو أخضر مزرقاً أو أخضر مصفراً أو أن تكون بيضاء.

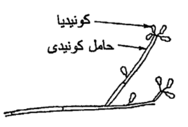


شكل رقم 13 - 15 : الميسليوم والرؤوس الكونيدية للجنس *Penicillium*
كما تظهر تحت المجهر
المصدر : Banwart (1989)

يعتبر هذا العفن من أكثر الأعفان انتشارا فى الطبيعة ويوجد منه العديد من الأنواع. وهو من فطريات التخزين storage fungi خاصة فى الحبوب حيث ينمو على الحبوب أثناء تخزينها ويسبب فسادها كما يسبب فساد الخبز واللحم والخضروات والفاكهة والجبن فمثلاً نجد أن *P.expansum* وهو العفن ذو الأبواغ الخضراء المزرقة يسبب التعفن فى بعض الفاكهة مثل التفاح والكمثرى والخوخ والنوع *P. digitatum* وأبواغه لونها أخضر زيتونى أو أخضر مصفر يسبب عيب العفن الأخضر فى الموالح بينما *P. italicum* وأبواغه لونها أزرق مخضر يسبب عيب العفن الأزرق فى الموالح، كذلك فإن بعض أنواع هذا الجنس تشكل خطورة على صحة الإنسان فمنها ما يسبب أمراضاً مثل التهابات الجهاز التنفسى والبولى كذلك وجد أن الجنس *Penicillium* ينتج أكثر من مائه سم فطرى مثل الأوكراتوكسينات ochratoxins والركفورتين roquefortine والباتشلين patulin والسترنين citrinin . ومن ناحية أخرى فإن أفراد هذا الجنس تستخدم فى أغراض مفيدة مثل تصنيع الجبن الكاممبرت والجبن الريكفورت وإنتاج الإنزيمات مثل glucose oxidase وإنتاج الكثير من المضادات الحيوية.

9 - *Sporotricum*

الكونيديا صغيرة كمثرية الشكل توجد مفردة على نتوءات projections ولا توجد فى سلاسل (شكل رقم 13 - 16) يكون مستعمرات عادة بيضاء أو ذات لون كريمى ولكن أحياناً يكون لونها أصفر أو رمادياً أو وردياً أو أحمر أو أخضر. من أهم الأنواع التابعة لهذا الجنس *S. carnis* والذى يمكنه النمو على درجات حرارة منخفضة (-8 ْم إلى -5 ْم) (18- 23 ْف)



شكل رقم 13 - 16 : الجنس *Sporotrichum* (شكل توضيحى)
المصدر : Frazier and Westhoff (1988)

وبالتالى فإنه ينمو على اللحوم فى الثلاجات ويسبب الفساد المعروف بإسم البقع البيضاء white spots أيضاً النوع *S. schenckii* وهو يسبب أمراضاً جلدية ويصيب أنسجة تحت الجلد أيضاً. ومن ناحية أخرى فإن النوع *S. thermophile* والذى له درجة حرارة مثلى للنمو40°م (104°ف) ينتج إنزيم السليوليز cellulase ويستخدم لتحليل السليلوز إلى مركبات أبسط.

10 - *Trichothecium*

أكثر أنواع هذا الجنس شيوعاً هو *T. roseum* وهو عفن وردى pink mould ينمو على الفاكهة مثل التفاح والخوخ وعلى الخضروات مثل الخيار وينمو على الخشب والورق، يمكن التعرف على هذا العفن بسهولة عن طريق الكونيديا الخاصة به حيث أنها ذات خليتين two - celled conidia وهى تتواجد فى شكل عناقيد على حامل كونيدى قصير (شكل رقم 13 - 17).

كونيديا
كونيديم
حامل كونيدى

شكل رقم 13 - 17 : الجنس *Trichothecium* (شكل توضيحى)
المصدر : Frazier and Westhoff (1988)

13 - 3 - 2 - 2 الخمائر

تعرف الخمائر بأنها فطريات وحيدة الخلية بمعنى أن جسم الفطر fungal thallus عبارة عن خلية واحدة على عكس الأعفان التى يتكون جسمها thallus من ميسيليوم وأجسام ثمرية fruiting bodies. ولكون الخمائر وحيدة الخلية فإن ذلك يعطيها ميزة عن شكل

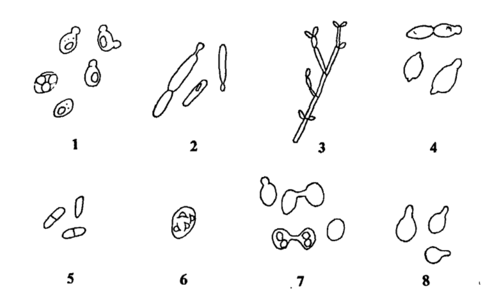
الميسليوم الموجود فى الأعفان حيث نجد أن نسبة السطح إلى الحجم كبيرة مما يسمح بنشاط حيوى أعلى وكذلك تكون أكثر انتشاراً وتوزيعاً عما لو كانت فى صورة ميسليوم.

13 - 3 - 2 - 2 - 1 الصفات العامة للخمائر

أولاً : الشكل الظاهرى

نجد أنه من الصعب التفرقة بين مستعمرات الخميرة ومستعمرات البكتريا النامية على البيئات الصلبة وعموماً تكون معظم مستعمرات الخميرة حديثة العمر young ذات قوام لزج ومبتلة وتكون معظم المستعمرات بيضاء أو ذات لون كريمى أو ملونة وبزيادة عمر المستعمرة قد تتغير قليلاً والبعض الآخر يصبح جافاً ومجعداً wrinkled، أما فى البيئات السائلة فنجد أن الخمائر قد تنمو فى صورة غشاء (فيلم) film أو قشرة رقيقة pelicle أو زيد scum على سطح السائل لذلك يطلق على هذه الخمائر خميرة الفيلم film yeast وهى تنتمى لمجموعة الخمائر المؤكسدة oxidative yeast أما الخمائر المخمرة fermentative yeast فإنها تنمو داخل البيئة السائلة.

يمكن تمييز خلايا الخميرة عن خلايا البكتريا باستخدام المجهر فخلايا الخميرة أكبر (2 - 10ميكرومتر). ونجد أن الخمائر تأخذ أشكالاً متعددة أهمها الكروى والبيضاوى spherical and ovoid ومنها أيضاً المستطيل elongate والمثلثى triangular وشكل الكمثرى pear - shape وشكل الليمون lemon - shape وشكل الزجاجة bottle - shape (شكل رقم 13 - 18)، وعادة تكون الخلايا مفردة أو مزدوجة أو تكون تراكيب متعددة الخلايا مثل الكتل أو تكون سلاسل من خلايا مستطيلة تسمى هيفا كاذبة pseudohyphae ثم يتكون الميسليوم الكاذب pseudomycelium من هذه الهيفات [شكل رقم 13 - 18 (3)] (الهيفات عبارة عن خلايا مستطيلة نشأت من براعم ملتصقة ببعضها فى سلاسل متفرعة) ويلاحظ أن الخلايا فى الميسليوم الكاذب تكون مستقلة عن بعضها ولا تتصل عن طريق فتحات pores ببعضها كما هو الحال فى ميسليوم الأعفان. كما يوجد بعض الخمائر التى يمكنها تكوين ميسليوم حقيقى تحت ظروف نمو معينة.



1- *Saccharomyces cerevisiae* وخلاياها المتبرعمة مع ظهور كيس أسكى به أربعة أبواغ أسكية.

2 - الخلايا المستطيلة للجنس *Candida* .

3 - خلايا *Candida* تظهر الميسليوم الكاذب.

4 - خلايا خميرة لها شكل الليمون.

5 - خلايا مستطيلة تتكاثر بالانقسام ممثلة للجنس *Schizosaccharomyces*.

6 - أبواغ فى شكل القبعة تميز الجنس *Hansenula*.

7 - اقتران الأكياس الأسكية فى الجنس *Zygosaccharomyces*.

8 - خلايا خميرة لها شكل الزجاجة.

شكل رقم 13 - 18 : الأشكال المختلفة لبعض الخمائر (أشكال توضيحية)

المصدر : Frazier and Westhoff (1988)

وتجدر الإشارة إلى أن بعض الفطريات تكون مزدوجة الشكل dimorphic fungi وهذه يمكنها النمو فى شكل عفن أو فى شكل خميرة تبعا لظروف النمو، والميسيليوم الذى تكونه يكون ميسليوم حقيقياً. والجدير بالذكر أن كثيراً من الفطريات المسببة للأمراض فى الإنسان والحيوان تكون مزدوجة الشكل dimorphic مثل *Candida albicans* التى تسبب مرض القلاع thrush الذى يصيب الأغشية المخاطية خاصة الموجودة فى الفم.

ونجد أن عدداً محدوداً من الخمائر يكون كبسولا خارجيا extracellular capsules وذلك مثل *Cryptococcus neoformans* التى تسبب نوعاً من أنواع الالتهاب السحائى المزمن chronic form of meningitis.

ثانياً : التكاثـــر

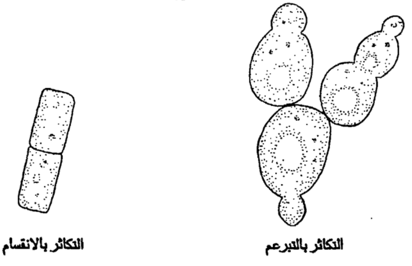
1 - التكاثر اللاجنسى

تتكاثر جميع الخمائر لاجنسياً وهى الطريقة الوحيدة للتكاثر لحوالى 50٪ من الخمائر وتسمى الخمائر التى تتكاثر لاجنسياً فقط باسم الخمائر الكاذبة false yeasts ونجد أن الخمائر تتكاثر لاجنسياً عادة عن طريق التبرعم budding (شكل رقم 13 - 19) حيث يبدأ ظهور نتوء من الخلية الأم أو الخلية الأصل parental cell ثم ينتفخ ويكبر ليكون بوغاً بلاستوريا blastospore ثم ينفصل بعد ذلك عن الخلية الأصل، وقد تحمل الخلية الأصلية برعماً أو أكثر. وتطلق عدة أسماء على التبرعم على حسب مكان وعدد البراعم على الخلية الأصل فإذا ظهر البرعم عند الطرف القصير للخلية الأصل أطلق عليه تبرعم طرفى polar ، وإذا تكون برعمان على طرفى الخلية أطلق عليه التبرعم ثنائى الطرف bipolar [شكل13-18(4)] وإذا تكونت براعم متعددة على أى مكان من الخلية الأصل سمى التبرعم الجانبى المتعدد multilateral وإذا تكونت البراعم عند قاعدة الأكتاف الضيقة للخلية الأصل سمى بالتبرعم عند قاعدة الأكتاف الضيقة narrow - base sholder.

وهناك بعض الخمائر تكون البراعم على نتوءات strigmata or stalks لتصبح أبواغاً وبعد ذلك يمكن للخلية عن طريق ميكانيكية معينة قذف هذه الأبواغ بعيداً عن الخلية وتسمى هذه الأبواغ بالأبواغ الباليستروية ballistospores.

ولكن يوجد بعض الخمائر تتكاثر بالإنقسام fission (شكل رقم 13 - 19) لذا تسمى fission yeasts وذلك مثل *Shizosaccharomyces pombe* وهذا الانقسام مثل الانقسام الثنائى binary fission الذى يحدث فى البكتريا.





شكل رقم 13 - 19 : التكاثر اللاجنسي في الخمائر (شكل توضيحي)
المصدر : Alexopoulos (1972)

2 - التكاثر الجنسى

تتكاثر بعض الخمائر جنسياً بالإضافة للتكاثر اللاجنسي وتسمى هذه الخمائر بالخمائر الحقيقية true yeast ويتم التكاثر الجنسي فى الخمائر ذات الأهمية فى مجال الأغذية عن طريق إنتاج الأبواغ الأسكية حيث تصبح خلية الخميرة عبارة عن الكيس الأسكى وتحوى بداخلها الأبواغ الأسكية ويعتبر عدد ومظهر الأبواغ الأسكية من الصفات المميزة للأنواع المختلفة من الخمائر وتختلف الأبواغ الأسكية فى اللون والشكل ومن أشكالها مايلى : كروى spheroidal إسطوانى cylindrical بيضاوى ovoid كلوى bean - shaped قبعى hat - shaped إبرى needle - shaped مثلثى triangular .

ثالثاً : الصفات الفسيولوجية

1- الرطوبة : تنمو معظم الخمائر الشائعة فى وجود كمية كافية من الرطوبة المتاحة (نشاط الماء A_W) ولكن العديد من الخمائر ينمو فى وجود تركيزات عالية من المذاب (ملح أو سكر) بالمقارنة بمعظم البكتريا لذا فإنها تحتاج رطوبة متاحة أقل من معظم البكتريا ومن ناحية أخرى تحتاج الخمائر رطوبة متاحة أعلى من الأعفان. وطبعاً كل نوع من الخميرة له A_W

أمثل لنموه ومدى من A_W يمكن له النمو فيه تحت ظروف بيئية معينة وطبعاً تختلف الـ A_W هذه بإختلاف بعض العوامل الأخرى المؤثرة على النمو مثل درجة الحرارة والـ pH ووجود المثبطات .. ألخ.

2- درجة الحرارة : معظم الخمائر لها درجة حرارة مثلى تتراوح بين 25 - 30°م (77-86°ف) أما درجة الحرارة العظمى للنمو فتتراوح بين 35 - 47°م (95 - 117°ف) وهناك بعض الخمائر لها القدرة على النمو على درجة الصفر المئوى (32°ف) أو أقل. ويسهل قتل خلايا الخميرة وأبواغها بالحرارة.

3- الـ pH : تنمو الخمائر فى مدى واسع من الـ pH وتنمو أفضل فى المدى بين 4 - 4.5 ولا تنمو فى الوسط القلوى إلا إذا أقلمت عليه.

4- الأكسجين : تنمو الخمائر أفضل فى الظروف الهوائية . والأنواع المخمرة fermentative types يمكنها النمو لاهوائياً ولكن ببطء.

5- الاحتياجات الغذائية : تعتبر السكاكر أحسن مصادر الطاقة بالنسبة لمعظم الخمائر وتتميز الخمائر بأنها تتطلب مصدر كربون بنسبة عالية فى البيئة. أما احتياجها لمصدر النتروجين فإنه يتراوح بين المركبات البسيطة مثل الأمونيا واليوريا إلى الأحماض الأمينية والببتيدات العديدة. كما تحتاج الخمائر لنموها إلى بعض عوامل النمو growth factors بمعنى أن الخمائر لها احتياجات غذائية أشد تعقيداً من الأعفان.

13 - 3 - 2 - 2 - 2 أهم أجناس الخمائر فى مجال الأغذية

يوجد الآن حوالى 597 نوعاً من الخمائر مقسمة إلى 83 جنساً على أساس الشكل الظاهرى بما فى ذلك الصفات المزرعية وطريقة التكاثر وأيضاً الصفات الفسيولوجية والكيموحيوية. ويمكن تقسيم الخمائر على أساس طرق التكاثر إلى أربع مجاميع يهمنا فى مجال الأغذية مجموعتان هما :

أولاً – مجموعة تنتج أبواغاً أسكية وتتبع *Ascomycotina* وتنتمى للخمائر الحقيقية وسوف نناقش أهم سبعة أجناس منها.

ثانياً – مجموعة لا تتكاثر جنسياً وتتبع *Deuteromycotina* (الفطريات الناقصة) وتسمى بالخمائر الكاذبة وسوف نناقش أهم أربعة أجناس منها .

وفيما يلى نبذة عن أهم الأجناس فى مجال الأغذية مرتبة أبجدياً طبقاً للإسم العلمى وسوف يكتب الإسم العلمى القديم بين قوسين إذا لزم ذلك.

أولاً : الخمائر الحقيقية True yeast

1 - *Debaryomyces*

الخلايا الخضرية عادة دائرية أو كروية ويحدث التكاثر بواسطة التبرعم الجانبى المتعدد maltilateral أما التكاثر الجنسى فيتم عن طريق تكوين الأبواغ الأسكية وذلك نتيجة إتحاد الخلية الأصل مع البرعم. والأبواغ الأسكية الناتجة تكون دائرية أو بيضاوية وعادة يوجد 1 - 2 بوغ داخل الكيس الأسكى.

وقدرة هذه الخمائر على التخمير ضعيفة أو بطيئة أو منعدمة ولا يمكنها عمل تمثيل حيوى للنيترات وأنواع هذا الجنس من أكثر أنواع الخمائر انتشاراً فى تكوين فيلم أو طبقة رقيقة على سطح الأغذية المحفوظة فى محاليل ملحية. يشارك أفراد هذا الجنس فى فساد عيش الغراب، الجبن، مهروس الطماطم، والسجق. ومن أشهر الأنواع *D. hansenii* *(D. kloeckeri)* وهذا النوع له مقاومة عالية للملح حيث يمكنه النمو على بيئات تحتوى 18-20 ٪ ملحاً ويشارك هذا النوع فى فساد الجبن والسجق وعجينة الطماطم وغيرها من الأغذية.

2 - *Hanseniaspora*

الخلايا ليمونية الشكل إلى بيضاوية أو بيضاوية طويلة وهى دائماً ثنائية الكروموسوم diploid حيث تعتبر هذه الخمائر مرحلة من تكوين الأبواغ الأسكية للجنس *Kolekera*. البراعم المتكونة بواسطة أفراد *Hanseniaspora* تكون ثنائية الطرف. والقوة التخميرية لهذه الخمائر عالية ولكن مقاومتها للكحول ضعيفة (4 - 6٪) يشارك أفراد الجنس فى تخمير وفساد الفاكهة.

3 - *Hansenula*

تتكاثر أفراد هذا الجنس لاجنسياً بالتبرعم الجانبى المتعدد وجنسياً بتكوين الأبواغ الأسكية التى تتميز بشكل يشبه القبعة، وهذه الخمائر لها قدرة على تكوين ميسيليوم. يوجد تشابه فى الشكل الظاهرى بين أفراد هذا الجنس وأفراد الجنس *Pichia* غير أن لأفراد هذا الجنس قدرة تخميرية أعلى من أفراد الجنس *Pichia*. كما أن أفراد هذا الجنس لها القدرة على التمثيل الحيوى للنيترات.

عزلت أنواع من هذا الجنس من الحبوب، الفاكهة، الجمبرى، المحلول الملحى للخيار والزيتون المملح.

4 - *Kluyveromyces*

الخلايا دائرية أو إسطوانية أو مستطيلة وتتكاثر لاجنسياً بالتبرعم الجانبى المتعدد. لها قدرة تخميرية عالية ولها القدرة على النمو بين 5 - 46°م (41 - 115°ف) وبعض أنواع هذا الجنس محبة للتركيزات العالية من السكر osmophiles.

وجدت هذه الخمائر فى الكثير من الأغذية مثل الفاكهة واللبن ومنتجاته وتسبب فساد التين ومنتجات الألبان.

5 - *Pichia*

الخلايا لها أشكال متعددة عادة بيضاوى إلى إسطوانى وتتكاثر لاجنسياً بالتبرعم الجانبى المتعدد وجنسياً بواسطة تكوين الأبواغ الأسكية التى تكون مستديرة عادة أو على شكل القبعة ويوجد 4 أبواغ فى كل كيس أسكى كما أن معظم الأنواع تكون ميسليوم كاذباً. تسبب فساد الفاكهة، منتجات الألبان، ويمكنها التواجد فى صورة فيلم أو قشرة على الأغذية المحتوية محاليل ملحية.

6 - *Saccharomyces*

الخلايا دائرية أو إسطوانية أو مستطيلة أو على شكل جسم مقطوع ellipsoidal، وتتكاثر لاجنسياً بالتبرعم الجانبى المتعدد وجنسياً بالأبواغ الأسكية التى تتواجد بواقع 1 - 4 بوغ فى

كل كيس أسكى، قد تكون ميسليوم كاذباً ولكنها لا تكون ميسليوم حقيقياً.

تظهر المستعمرات على البيئات المحتوية على الآجار بيضاء أو ذات لون كريمى وتتميز برائحة الخميرة المثالية. والإسم *Saccharomyces* يعنى خـمـيـرة السكر، وكل أنواع هذا الجنس لها قدرة تخميرية عالية. هذه الخمائر واسعة الإنتشار والتوزيع ويمكنها إحداث فساد الفاكهة ومنتجاتها، السكر، العسل، المايونيز، منتجات الألبان، وبعض الأغذية المتخمرة مثل الخيار المخلل. وقد تم تغير الإسم العلمى لبعض أفراد هذا الجنس نذكر منها :

(S. uvarum)	ليصبح	*S. bailii*
(S. fragilis)	ليصبح	*Kluyveromyces marxianus*
(S. rouxii)	ليصبح	*Zygosaccharomyces rouxii*

7 - ***Schizosaccharomyces***

تتميز أفراد هذا الجنس بتكاثرها لاجنسياً عن طريق الانقسام وليس التبرعم أما التكاثر الجنسى فيكون عن طريق تكوين الأبواغ الأسكية بواقع 4 - 8 بوغ لكل كيس أسكى وقد تكون الخلايا ميسليوم حقيقياً يتكسر إلى أبواغ أرثروية arthrospores ويتراوح شكل الخلايا بين الكروى إلى الإسطوانى.

ترتبط هذه الخمائر بفساد الفاكهة مثل البرقوق والتين كما تسبب فساد الزبيب والمولاس والعسل الأسود.

ثانياً : الخمائر الكاذبة False yeast

1 - ***Candida***

يضم هذا الجنس عدداً كبيراً من الخمائر وهو يحوى الأطوار الناقصة imperfect forms للخمائر المكونة للجراثيـم الأسـكية التـابعة للأجناس *Debaryomyces – Hansenula – Saccharomyces – Pichia – Kluveromyces*. الخلايا كروية، إسطوانية، بيضاوية، أو مستطيلة. تكون كل الأنواع ميسليوم كاذباً والبعض يكون ميسليوم حقيقياً والبعض الآخر له القدرة على تكوين أبواغ كلاميدية chlamydospores. تنتشر الكائنات التابعة لهذا الجنس

انتشاراً واسعاً حيث تتواجد فى التربة والماء والهواء والنباتات والحشرات والحيوان والإنسان ومياه المجارى وأجهزة التصنيع والمنتجات الغذائية.

تحدث فساد لكثير من الأغذية مثل الفاكهة الطازجة والخضروات ومنتجات الألبان وتكون ريماً (فيلماً) على المحاليل الملحية للزيتون والخيار المخلل والأنواع المحبة لدرجات الحرارة المنخفضة تكون سائدة فى عصائر الفاكهة . وبعض الأنواع تسبب أمراضاً للإنسان والحيوان.

2 - *Rhodotrula*

الخلايا كروية إلى بيضاوية ومستطيلة وتتكاثر بالتبرعم الجانبى المتعدد وأفراد هذا الجنس غير مخمرة للكربوهيدرات ولها القدرة على تكوين صبغات تنتمى للصبغات الكاروتينيدية carotenoid وتسبب فساد لون الأغذية حيث تسبب بقعاً ملونة على اللحوم أو مساحات لونها وردى فى الكرنب المخلل saurkraut.

3 - *Torulopsis*

يشمل هذا الجنس مجموعة غير متجانسة من الخمائر الكاذبة أو الناقصة، تتكاثر الخلايا بالتبرعم الجانبى المتعدد وليس لها القدرة على تكوين ميسليوم ومستعمراتها عادة بيضاء أو ذات لون كريمى ولا تكون أصباغاً ويمكنها تحمل تركيزات من كلوريد الصوديوم تتراوح بين 2٪ إلى 21٪ على حسب الأنواع. تسبب لزوجة سطح الجبن القريش وتفسد اللحم المبرد والقشدة والزبد واللبن المكثف المحلى ومركزات عصائر الفاكهة كما يمكنها النمو على المحاليل الملحية لكثير من الأغذية.

4 - *Trichosporon*

تتواجد الخلايا فى أشكال مختلفة وتتكاثر بالتبرعم الجانبى المتعدد ويمكنها تكوين ميسليوم حقيقياً وأبواغاً أرثرووية arthrospores كما يمكنها تكوين ميسليوم كاذباً عن طريق الخلايا المتبرعمة. تنمو أفراد هذا الجنس جيداً على درجات الحرارة المنخفضة. وجدت فى الكثير من الأغذية مثل الجمبرى الطازج – الكابوريا – اللحم – الزبد – الجبن – الفاكهة – عصير الفاكهة.

13 - 4 تلوث الأغذية بالأحياء الدقيقة

13 - 4 - 1 مصادر التلوث :

لما كانت الأحياء الدقيقة لا تتوالد ذاتياً فإنه لابد أن تكون قد لوثت الغذاء أثناء إنتاجه، حصاده، تداوله، تصنيعه، تخزينه، توزيعه، و/ أو إعداده للاستهلاك. وبالتالى فإن الأحياء الدقيقة المتواجدة على أو فى غذاء معين (الفلورا الميكروبية) microbial flora هى محصلة الأحياء الدقيقة المصاحبة للمادة الخام وتلك الأحياء الدقيقة المكتسبة أثناء تداوله وتجهيزه والأحياء الدقيقة التى أمكنها أن تحيا بعد أى معاملة حفظ وتخزين لهذا الغذاء.

وفيما يلى عرض لأهم مصادر تلوث الأغذية :

أولاً : التربـــة

التربة هى المصدر الطبيعى لكثير من أنواع الأحياء الدقيقة التى تتواجد بكميات هائلة فى التربة. ونجد أن عدد الأحياء الدقيقة يكون أعلى بالقرب من سطح التربة ثم يتناقص بزيادة عمق التربة. ويختلف نوع وعدد الأحياء الدقيقة باختلاف نوع التربة والظروف البيئية المحيطة، فالتربة الرملية والصحراء بها أعداد قليلة بينما تتواجد أعداد ضخمة من الأحياء الدقيقة (10^{10}/ جم تربة) فى التربة الخصبة. ونجد أن البكتريا تفوق فى العدد الفطريات من أعفان (تتواجد فى صورة أبواغ عادة) وخمائر، وأهم أجناس البكتريا الشائعة فى التربة ما يلى *Alcaligenes*، *Arthrobacter*، *Bacillus*، *Clostridium*، *Corynebacterium*، *Flavobacterium*، *Micrococcus*، *Pseudomonas*، *Streptomyces*.

تتلوث المحاصيل الدرنية والجذرية بالأحياء الدقيقة نتيجة الملامسة المباشرة للتربة وعند إنتشار التراب بواسطة الهواء أو غسل الأتربة بواسطة الماء بعد سقوط الأمطار فإنه يحدث تلوث لبعض المحاصيل التى تنمو قريباً من سطح التربة مثل الفراولة والفول والكرنب والبسلة، ولا شك أن نوع وعدد الميكروبات على المحاصيل يتأثران بدرجة تلوث التربة التى تنمو فيها هذه المحاصيل. وقد زاد الحصاد الميكانيكى من كمية التلوث من التربة بالإضافة إلى تجريحه للفاكهة والخضروات؛ كما أن تلوث الحبوب يحدث أساساً أثناء حصادها.

أما الترسيبات الموجودة فى البحار فإن أعداد الأحياء الدقيقة بها يتراوح

بين10^4 – 10^9 /جم، وطبعاً تكون أعداد الأحياء الدقيقة كبيرة بالقرب من الشاطئ مقارنة بالأماكن العميقة، وأهم أجناس البكتريا الموجودة فى هذه الترسيبات ما يلى :

Aeromonas، *Bacillus*، *Chromobacterium*، *Escherichia*، *Pseudomonas*، *Vibrio*

وهذه الترسيبات تعتبر مصدراً لتلوث المياه والأسماك والحيوانات الصدفية المائية.

ثانياً : المـــــاء

تحتوى الأمطار على الأحياء الدقيقة التى تم غسلها من الهواء وبسقوط الماء على الأرض يحدث له تلوث أكثر بواسطة ميكروبات التربة. وفى المحيطات والبحار نجد أن الميكروبات تكون أكثر عدداً فى المياه بالقرب من الشاطئ.

يزداد تلوث المياه – خاصة بالبكتيريا المعوية – بإلقاء المخلفات فيها وتؤخذ البكتريا *E. coli* ومجموعة بكتريا القولون ذات الأصل البرازى fecal coliforms كدليل لتلوث المياه بالبراز خاصة فى الأجواء المعتدلة. وهذه الأحياء الدقيقة تموت بسرعة فى مياه الأنهار نظراً لانخفاض درجة الحرارة ووجود أشعة الشمس ووجود بعض المواد السامة لها ونقص المغذيات، ومع ذلك مازالت المياه هى أهم مصدر ناقل للكائنات التى تسبب إضطرابات معوية معدية للإنسان.

والأحياء الدقيقة التى تمثل الفلورا الميكروبية الطبيعية للمياه هى كما يلى :

Aeromonas ,	*Alcaligenes* ,	*Bacillus*
Corynebacterium ,	*Flavobacterium* ,	*Klebsiella*
Micrococcus ,	*Pseudomonas* ,	*Streptococcus*

تلوث الأغذية عن طريق الماء :

يلامس الماء الغذاء أثناء إنتاجه وحصاده وتصنيعه وبالتالى يحدث تلوث لهذه الأغذية وفيما يلى بعض الأمثلة :

1- استخدام ماء ملوث أو مياه المجارى غير المعاملة فى الرى يؤدى لتلوث الخضروات والفاكهة بميكروبات ممرضة وهذا يشكل خطورة على الصحة العامة.

: - استخدام مياه ملوثة فى غسيل الخضروات والفاكهة (التى تؤكل نيئة) قد يؤدى لانتقال الميكروبات الممرضة.

3 - إذا كانت المياه المخصصة لشرب الحيوانات ملوثة بميكروبات ممرضة فإنها قد تصبح خطرة صحياً على الإنسان الذى يتعامل مع الحيوان وقد يؤدى أيضاً لحدوث تلوث للذبيحة بعد ذبح الحيوان.

4 - تصاد الأغذية البحرية من الماء ونجد أن الأحياء الدقيقة الموجودة فى الماء تلوث سطح وخياشيم وأمعاء الأسماك وتلوث الحيوانات الصدفية المائية، والأخيرة عندما تتغذى فإنها ترشح كمية كبيرة من الماء وتتركز الأحياء الدقيقة داخلها، وهذه الحيوانات الصدفية المائية تتواجد عادة فى المياه القريبة من الشاطئ وبالتالى تكون عرضة للتلوث من الماء الذى يصب فى البحر حاملاً معه ميكروبات التربة والميكروبات الموجودة فى مياه المجارى وطبعاً تتأتى الخطورة فى حالة تلوث المياه بالميكروبات الممرضة فتتركز داخل الحيوانات الصدفية.

5- استخدام الثلج فى تبريد بعض الأغذية (الأسماك مثلاً) حيث يحدث انتقال الأحياء الدقيقة من الثلج إلى المواد الغذائية والعكس ولا يصح إعادة استخدام هذا الثلج لأنه أصبح ملوثاً.

6- يستخدم الماء فى تصنيع الأغذية وبالتالى قد يصبح مصدراً لتلوث الأغذية بالأحياء الدقيقة حيث يدخل الماء فى كثير من الخطوات التحضيرية لمعظم الأغذية (الغسيل، النقل، السلق، السفع scalding، وتبريد العلب ... وسوف يتم مناقشة تأثير الخطوات التحضيرية على الفلورا الميكروبية لاحقاً).

كما يستخدم الماء فى تنظيف المعدات والمبانى والأرضيات فى المصنع كما يدخل فى الصناعة كمكون مضاف (وهنا يكون مصدراً مباشراً للتلوث). لذلك يجب مراعاة الشروط الواجب توافرها فى المياه المستخدمة فى مصانع الأغذية وهى شروط تفوق تلك المتوافرة فى مياه الشرب.

ثالثاً : الهــــواء

تظل الأغذية معرضة للتلوث من الهواء حتى تعبأ فى عبوات مغلقة. ونجد أنه لا توجد

للهواء فلورا ميكروبية طبيعية خاصة به ولكنه يكتسبها من مصادر متعددة وبصفة عامة نجد أن أبواغ الأعفان (خاصة التابعة للأجناس *Aspergillus*، *Fusarium*، *Penicillium*) تسود فى الهواء بالمقارنة بباقى الأحياء الدقيقة. وقد وجد أن النباتات المتعفنة بالقرب من سطح الأرض هى أهم مصادر الأحياء الدقيقة (خاصة أبواغ الأعفان) الموجودة فى الهواء، حيث تقوم الرياح بالتقاط هذه الأبواغ، كما وجدت أعداد قليلة من خلايا الخميرة وهذه تكون فى طبقات الهواء القريبة من مستوى سطح الأرض وجدير بالذكر أن نوع الأحياء الدقيقة الموجودة فى الهواء يرتبط بنوع النشاط الموجود فى المنطقة فمثلاً نجد streptococci بالقرب من مصانع الألبان فى حين أن الخمائر تكون بالقرب من المخابز.

أما بالنسبة لشدة تلوث الهواء بالأحياء الدقيقة، فقد وجد أن الهواء القريب من الأرض يكون أكثر تلوثاً من ذلك الموجود فى الطبقات الأعلى والهواء الموجود فوق سطح الأرض يكون أكثر تلوثاً من الهواء الموجود فوق المحيطات. كما أن سقوط الأمطار والبرد يغسل الهواء ويقلل من الأحياء الدقيقة الموجودة به. ويكون الهواء أكثر تلوثاً فى الصيف عنه فى الشتاء.

والجدير بالذكر أن الأحياء الدقيقة غير قادرة على التكاثر فى الهواء ولكنها قد تبقى حية وذلك يتوقف على عدة عوامل مثل الرطوبة النسبية والأكسجين والطاقة الشمسية .. لذلك فلا غرو أن نجد أن أبواغ الأعفان تسود الفلورا الميكروبية للهواء.

وفى مصانع الأغذية نجد أن الحمل الميكروبى للهواء يزداد أثناء عمليات التصنيع نتيجة لتكون الهباء الجوى aerosols أثناء الغسيل أو التبريد بالرش أو أثناء تنظيف الأماكن بواسطة الرش بالضغط العالى أو بواسطة الخلاطات أو تشغيل المحركات، كذلك فإنه ينتج رذاذ من العاملين فى المصنع نتيجة الكحة والعطس وأيضاً حركة العاملين والمعدات والمواد الخام... تؤدى لعمل تيارات من الهواء مما يزيد الحمل الميكروبى للهواء داخل المصنع.

توجد اختلافات جوهرية فى الحمل الميكروبى للهواء فى المناطق المختلفة فى المصنع ففى المناطق النظيفة يوجد عدد قليل من الأحياء الدقيقة فى الهواء بينما فى المناطق التى يتم فيها تداول الحيوانات الحية أو مناطق استلام المواد الخام فإن الحمل الميكروبى للهواء يكون عالياً، لذا ينصح دائماً بأن تكون حركة الهواء داخل المصنع من المناطق النظيفة إلى

المناطق غير النظيفة أو يحتفظ بضغط عالٍ فى المناطق النظيفة وبالتالى فعند فتح الأبواب يخرج الهواء من هذه المناطق ولا يدخل هواء من الخارج إليها.

رابعاً : النبـاتات

تتلوث النباتات من مصادر متعددة مثل التربة والماء والهواء والمخصبات والحيوان والإنسان، وبمجرد تلوثها فإن أحياء دقيقة معينة يمكنها النمو على أسطح النبات كما يمكن للأحياء الدقيقة الممرضة للنبات أن تهاجم عوائلها hosts من النباتات .. ومن ثم فإن الفلورا الميكروبيـة على سطح النبـاتات تتـوقف على نوع النبـات نفـسـه فـمـثـلاً نجـد أن أنواع *Pseudomonas* خاصة *P. aeruginosa* تكون سائدة على الخضروات بينما أزهار الفاكهة يكون عليها العديد من أجناس الخمائر مثل :

Candida، *Hansenula*، *Rhodotorula*، *Saccharomyces*، *Torulopsis*.

وعلى الرغم من أن الأنسجة النباتية الداخلية تعتبر خالية من الأحياء الدقيقة أو بها عدد قليل جداً منها فإنه يوجد بعض البراهين على إمكانية تلوث الأنسجة النباتية الداخلية فقد وجد أن بعض الخضروات تعتبر مأوى لبعض الأحياء الدقيقة خاصة فى تراكيب مثل القرون (مثل الفول) والرؤوس (مثل الخس).

وبالتالى فإن النباتات الحية قد تكون مصدراً للأحياء الدقيقة .. وعندما تموت النباتات ويحدث لها تحلل فإنها تصبح مصدراً هاماً لتلوث الهواء والتربة والماء وهذه بدورها تلوث النباتات فى دورة تالية (عام لاحق) وهكذا ..

خامساً : الحيـوانات

نجد أن الحيوانات لها فلورا ميكروبية طبيعية خاصة بها بالإضافة لاحتوائها على أنواع من الأحياء الدقيقة من الوسط المحيط بها حيث أنها تتلوث من التربة والماء والهواء والعلائق والروث .. وتعتبر الحيوانات بمثابة مأوى للأحياء الدقيقة الممرضة وتلك المسببة لفساد الأغذية. وتتواجد الأحياء الدقيقة فى أماكن كثيرة من جسم الحيوان مثل القناة الهضمية والتجويف الأنفى والجلد والشعر والأقدام والحوافر والقرون .. وهذه الأحياء الدقيقة تنتقل إلى الجزء المأكول من اللحم أثناء المعاملات التصنيعية.

والجدير بالذكر أن الأنسجة العضلية لمعظم الحيوانات السليمة تعتبر خالية من الميكروبات ولكن يحدث لها تلوث أثناء عمليات الذبح والسلخ والتقطيع والفرم، كذلك يمكن أن يحدث تلوث من مصادر داخلية مثل العقد الليمفاوية. أما المنتجات الحيوانية مثل اللبن والبيض فعند إنتاجها تعتبر خالية من الأحياء الدقيقة، فاللبن يفرز وبه عدد قليل جداً من الأحياء الدقيقة لكن يحدث له تلوث من قنوات حلمات الضرع وسطحه ثم يزداد التلوث أثناء تداوله. كذلك ينتج البيض عادة خالياً من الأحياء الدقيقة إلا فى حالات نادرة حيث تصل بكتريا *Salmonella* إلى مبيض الدجاجة وتلوث المح قبل تكوين البيض، أما معظم البيض فيعتبر معقماً عند إنتاجه والتلوث الميكروبى يحدث على القشرة الخارجية نتيجة ملامسة البيض لريش وأقدام وجسم وبراز الدجاج ثم التداول والتخزين.

تقوم الحشرات والقوارض والطيور بنقل الأحياء الدقيقة للأغذية كما تقوم أيضاً بتحطيم الأغطية الواقية للمادة الغذائية فتجعلها أكثر عرضة للفساد كما أن هذه الحيوانات تعتبر مصدراً خطيراً لنقل الميكروبات الممرضة للإنسان خلال الغذاء.

سادساً : الإنســـان

يعتبر الإنسان مصدراً هاماً لتلوث الأغذية وذلك خلال تداوله لهذه الأغذية وتكمن الأحياء الدقيقة فى عدة مناطق فى جسم الإنسان أهمها الجلد والشعر (شعر الجلد والرأس واللحية والشارب) والأنف والتجويف الفمى والحلق والقناة الهضمية .. فمثلاً نجد أن جلد الإنسان لا يكون خالياً أبداً من الأحياء الدقيقة، وغسيل الجلد يزيل معظم الأحياء الدقيقة التى تنتقل إلى الجلد من مصادر التلوث ولكنه لا يزيل كل الفلورا الميكروبية الطبيعية، وقد وجدت البكتريا *S. aureus* كفلورا طبيعية فى نسبة عالية من الأشخاص العاديين وهى تتواجد على الأيدى والوجه وبصفة خاصة فى تجويف فتحتى الأنف.

وجد أن كثيراً من الميكروبات الممرضة تنتقل من الإنسان (حامل الميكروب) إلى الغذاء لذا فإن تداول الإنسان للأغذية المعاملة حرارياً (المطبوخة أو المبسترة) والتى تحفظ لفترة قصيرة ثم تؤكل دون معاملة حرارية ثانية يشكل خطورة على الصحة العامة. ومن أهم الأحياء الدقيقة التى ينقلها الإنسان للغذاء *Enterobacteriaceae* *Streptococcus* , *S. aureus* .

يعتبر إهمال الإنسان من أهم أسباب حدوث تلوث الغذاء .. فالفشل أو الإهمال فى التنظيف والتطهير الجيد للمعدات، الإهمال فى غسل الأيدى، عدم اتباع العادات الصحية الشخصية السليمة، عدم حفظ الغذاء على درجات الحرارة المناسبة .. تلك كلها عوامل تؤدى لزيادة تلوث الغذاء.

سابعاً : علائق الحيوان ومخلفات الحيوان ومياه المجارى

تتلوث أقدام وشعر وريش الحيوان بالأحياء الدقيقة الموجودة فى العليقة، كما أن تناول الحيوان للعليقة يضيف أحياء دقيقة لجهازه الهضمى وإذا أحتوت العليقة على أحياء دقيقة ممرضة مثل *Salmonella* فإنها تسبب أمراضاً للحيوان ومن ثم يحدث تلوث للذبيحة أثناء الذبح.

عندما يستخدم روث الحيوان أو مياه المجارى غير المعاملة كمخصبات للتربة فإن ذلك يؤدى لتلوث المحاصيل الناتجة بالأحياء الدقيقة خاصة الأحياء الدقيقة الممرضة بسبب انتقال الأحياء الدقيقة الممرضة من الروث أو مياه المجارى إلى التربة وقد تظل الأحياء الدقيقة الممرضة حية فى التربة لفترة تكفى لتلوث المحاصيل الناتجة .. وفى حالة الخضروات والفاكهة التى تؤكل نيئة فإن ذلك يصبح مصدراً لانتشار الأمراض.

ثامناً : الأدوات والمعدات المستخدمة أثناء تصنيع الأغذية

تقوم الآلات فى عصرنا الحالى بمعظم الأعمال التى كان يقوم بها الإنسان وذلك نتيجة للثورة الصناعية وبالتالى فإن ملامسة الغذاء للإنسان قد قلت بينما زادت ملامسة الغذاء للآلات والمعدات، وفى مصانع الأغذية نجد أن الأغذية تلامس وتتلوث من الأدوات والمعدات الكثيرة أثناء عملية التصنيع وذلك مثل السكاكين والمناشير وآلات التقشير والتقطيع وعمل الشرائح والمفارم وأنابيب نقل المواد السائلة والسيور الناقلة وآلات الملء .. لذلك يجب العناية بتنظيف وتطهير هذه الأدوات والمعدات. كذلك يجب العناية الفائقة بتنظيف وتطهير الأدوات المستخدمة فى المنازل والمطاعم والمدارس حيث أن معظم حالات انتشار التسمم الغذائى تحدث فى هذه الأماكن .

تاسعاً : المكونات المضافة

تعتمد جودة الغذاء المصنع إلى حد كبير على جودة المكونات المضافة ingredients، وعلى الرغم من أن المكونات المضافة قد تمثل جزءاً صغيراً من مكونات الغذاء إلا أنها قد تضيف أعداداً كبيرة من الأحياء الدقيقة للغذاء، وعلى ذلك فإنه عند شراء المكونات المضافة يجب التأكد من مطابقتها للمواصفات القياسية شاملة المواصفات الميكروبيولوجية. فمثلاً نجد أن التوابل تحتوى على أعداد ميكروبية ضخمة قد تصل إلى 10^8 من البكتريا الهوائية / جرام بالإضافة لأعداد كبيرة من أبواغ الأحياء الدقيقة الهوائية واللاهوائية. كذلك نجد أن البكتريا المحبة لدرجات الحرارة العالية والمكونة للأبواغ تنتقل إلى الغذاء (فى صورة أبواغ) عن طريق المكونات المضافة (النشا، الدقيق، السكر، التوابل)، وهذه الأبواغ هامة فى حالة الأغذية المعلبة فكلما زادت أعدادها زادت الفرصة لبقائها حية بعد المعاملة الحرارية ومن ثم تسبب فساد الأغذية المعلبة. أيضاً يعزى وجود الخمائر المحبة للضغط الإسموزى العالى osmophilic yeast فى منتجات الحلوى للتلوث من المكونات المضافة مثل المكسرات أو الفاكهة أو الشيكولاته.

وغنى عن القول أن نوع الأحياء الدقيقة الموجودة فى المكونات المضافة يكون أكثر أهمية من العدّ الكلى الموجود، فالأحياء الدقيقة المسببة للفساد وتلك الممرضة هى أول ما يؤخذ فى الاعتبار. وبالرغم من ذلك فإنه يفترض – ولو أنه غير صحيح فى كل الحالات – أن المكونات المضافة التى بها حمل ميكروبى عالى جداً يكون احتمال تلوثها بالأحياء الدقيقة المسببة للفساد والممرضة أكثر من تلك التى بها حمل ميكروبى منخفض جداً.

عاشراً : ملامسة ناتج لناتج

تنتقل الأحياء الدقيقة من غذاء لآخر عن طريق غير مباشر (التداول والمعدات) أكثر من انتقالها مباشرة نتيجة تلامس غذاء مع غذاء آخر، فعند تداول كل من غذاء نيئ وآخر مطهى بواسطة نفس الأشخاص فإنهم قد ينقلون الميكروبات من الغذاء النيئ إلى الغذاء المطهى الأمر الذى قد يسبب خطورة صحية إذا تم تناول هذا الطعام المطهى دون معاملة أخرى، كذلك فإن ربات البيوت اللاتى يستعملن طاولة التقطيع cutting board لتقطيع الدجاج النيئ مثلاً ثم يستخدمن نفس الطاولة لتجهيز السلاطة قد يتسببن فى

نقل *Salmonella* من الدجاج إلى الخضروات.

حادى عشر : العبـــوات

تعتبر العبوات مصدراً من مصادر التلوث، فمثلاً يحدث تلوث للغذاء من الزجاجات خاصة تلك التى يتم إعادة استخدامها. كذلك فإن العبوات البلاستيك المستخدمة فى تعبئة الكثير من الأغذية قد تكون مصدراً من مصادر التلوث حيث أنه أثناء تصنيع هذه العبوات قد ينتج عليها شحنة كهربية ساكنة (استاتيكية) وهذه الشحنة تجتذب بعض المواد الموجودة فى الهواء مثل التراب والأحياء الدقيقة. لذلك يجب التأكد من نظافة العبوات والتأكد من عدم تلوثها أثناء تخزينها وعدم استخدامها أكثر من مرة.

والجدير بالذكر أن العبوة تعمل كغطاء واقى للمادة الغذائية وتمنع وصول الأحياء الدقيقة إليـها من الوسط الخـارجى ولكنها لا تمنع النمـو الميكروبى داخل الغـذاء لذا يجب أن يتم التخطيط لمنع أو تثبيط النمو الميكروبى بطريقة من طرق حفظ الغذاء قبل تعبئة الغذاء فى العبوات.

والجدير بالذكر أنه قد يحدث تبادل للأحياء الدقيقة بين هذه المصادر فمثلاً نجد أن الحيوانات تلوث التربة بفضلاتها ثم تأتى الأمطار لتغسل أو تنقل هذه الأحياء الدقيقة إلى الأنهار ثم تستخدم مياه النهـر فى رى النباتات فيحدث لها تلوث .. وهكذا يحدث تبادل للأحياء الدقيقة بين مصادر التلوث المختلفة.

يمكن عن طريق دراسة مصادر التلوث أن نتحكم فى التلوث وجعل الحمل الميكروبى على أو فى الغذاء أقل ما يمكن ونقلل من فرص تواجد الأحياء الدقيقة الممرضة فى الأغذية ويكون من الأسهل القضاء على أو تثبيط نشاط الأحياء الدقيقة بطرق الحفظ المختلفة.

13 - 4 - 2 تأثير خطوات التصنيع التحضيرية على الفلورا الميكروبية

يمر الغذاء بخطوات تصنيع تحضيرية بغرض إعداده للحفظ بطرق الحفظ المختلفة وخطوات التصنيع هذه تؤثر على الفلورا الميكروبية بالزيادة أو بالنقصان أو/و الانتقاء selection وفيما يلى عرض لتأثير أهم خطوات التصنيع التحضيرية على الفلورا الميكروبية:

أولاً : النقـــــل

تزداد الفلورا الميكروبيـة أثناء نقل المواد الغذائيـة للأسبـاب التـاليـة: حدوث تلوث من ملامسة وحدات الغذاء بعضها لبعض، تلوث من العبوات إذا كانت غير نظيفة ومطهرة بالإضافة لاحتمال حدوث تلف ميكانيكى أثناء عملية النقل. لذلك فإن النقل بدون تبريد يعتبر بمثابة عملية تحضين للأحياء الدقيقة ويشجع من نموها وتكاثرها لذا ينصح بنقل الأغذية على درجات حرارة منخفضة وفى أقصر وقت ممكن.

ثانياً : التخــزين

تخزين الأغذية التى بها نسبة رطوبة كافية لنمو الأحياء الدقيقة يعطى الفرصة لنمو وتكاثر هذه الكائنات خاصـة إذا كـانت درجـة الحـرارة مناسبـة وذلك يؤدى لزيادة الحـمل الميكروبى، بينمـا نجـد أن الحمل الميكروبى ينقص قليلاً فى حـالة تخـزين الأغذية الجافة خاصة أثناء الفترة الأولى من التخزين.

ثالثاً : الغســيل

يؤدى إجراء الغسيل بالطريقة السليمة إلى خفض الحمل الميكروبى. ويجب التأكد من تمام عملية الغسيل جيداً وإلا حدث تلوث فمثلاً إذا لم يتم غسيل الخضروات والفاكهة جيداً فإن الماء المستخدم فى الغسيل قد يعمل على إعادة توزيع الأحياء الدقيقة من الأماكن التى بها أعداد كبيرة من الأحياء الدقيقة أو الأجزاء الفاسدة إلى باقى مساحات الغذاء فيصبح كله ملوثاً. كذلك يجب عدم استخدام ماء ملوث أو ماء سبق استخدامه فى الغسيل وإلا أدى ذلك إلى زيادة الفلورا الميكروبية فى النوع والعدد. والجدير بالذكر أن عملية الغسيل تؤدى إلى ترطيب سطح المادة الغذائية بدرجة تكفى لنمو الأحياء الدقيقة إذا ترك الغذاء فترة طويلة لذلك فإنه يجب عدم ترك الغذاء فترة طويلة بعد عملية الغسيل.

رابعاً : الفـرز والتشذيب

تؤدى كل من عمليتى الفرز والتشذيب إلى تقليل الحمل الميكروبى حيث أن الغرض من عملية الفرز إزالة الوحدات التالفة أو غير المناسبة للتصنيع، والغرض من التشذيب إزالة الجزء غير المأكول أو إزالة الأجزاء التالفة أو الملوثة.

خامساً : التقشيـــــر

يؤدى إلى تقليل الحمل الميكروبى نتيجة إزالة التلوث السطحى.

سادساً : الســـلق

يؤدى إلى تقليل الحمل الميكروبى حيث يتم القضاء على معظم الأحياء الدقيقة المسببة للفساد والممرضة، وفى نفس الوقت تحدث عملية انتقاء خاصة للأحياء الدقيقة المحبة لدرجات الحرارة المرتفعة والمكونة للأبواغ والتى تنمو وتتكاثر دون منافس إذا توافرت لها الظروف.

سابعاً : التقطيـع

يؤدى التقطيع إلى زيادة الفلورا الميكروبية ويعزى ذلك إلى زيادة السطح المعرض من المادة الغذائية وزيادة نسبة الرطوبة على تلك الأسطح مما يوفر الفرصة لنمو وتكاثر الأحياء الدقيقة وذلك بالإضافة إلى احتمال حدوث تلوث من الآلات والمعدات.

ثامناً : الطحـــــن

يتم التخلص من الجزء الخارجى أثناء صناعة طحن الحبوب مما يؤدى إلى خفض الحمل الميكروبى.

تاسعاً : الذبح وإزالة الدم

يحدث تلوث زائد وتزداد الفلورا الميكروبية على الذبيحة ومن أهم مصادر التلوث السكاكين والمعدات والإنسان.

عاشراً : السفـــع Scalding

تتم هذه الخطوة فى صناعة الدواجن وهى سابقة لخطوة إزالة الريش، حيث يتم غمر الدجاج فى أحواض scald tanks بها ماء ساخن (53 - 61°م) (127 - 142°ف) وتؤدى هذه الخطوة إلى زيادة الفلورا الميكروبية على الذبيحة نظراً لحدوث تلوث ماء الغمر بالقاذورات من رؤوس وأرجل وريش وأيضاً براز الدواجن، وفى نفس الوقت يحدث انتقاء للأحياء الدقيقة حيث يتم القضاء على العديد من الأحياء الدقيقة المسببة للفساد وتلك الممرضة ولكن يمكن

للأحياء الدقيقة المحبة لدرجات الحرارة المرتفعة النمو والتكاثر.

حادى عشر : السلخ وإزالة الريش

يحدث تلوث للذبيحة أثناء هذه العمليات ولكن يتم التخلص من جزء كبير من الفلورا الميكروبية التى كانت موجودة على جلد وريش الحيوانات.

ثانى عشر : إزالة الأحشاء

تؤدى إلى التخلص من أعداد ضخمة من الأحياء الدقيقة .. ويجب أن تتم بالطريقة السليمة وإلا حدث تلوث شديد للذبيحة.

ثالث عشر : الفـــــرم

يؤدى فرم اللحم إلى زيادة مساحة السطح المعرض وكذلك يخرج العصير الخلوى فيوزع الأحياء الدقيقة الموجودة على السطح خلال اللحم كله ويزداد الحمل الميكروبى.

رابع عشر : التسخين الإبتدائى

يؤدى لإهلاك الأحياء الدقيقة التى لا تتحمل هذه المعاملة الحرارية .

خامس عشر : تبريد العلب بعد المعاملة الحرارية

تتم عملية تبريد العلب – فى صناعة التعليب – باستخدام الماء، ففى حالة وجود تنفيس فى العلب فإن أى أحياء دقيقة موجودة فى الماء المستخدم – ويمكنها النمو فى المنتج المعلب – تسبب فساد هذا المنتج أو تسبب أمراضاً للإنسان (أحياء دقيقة ممرضة).

والجدير بالذكر أنه يجب مراعاة سرعة واستمرار خطوات التصنع حتى لا تسمح بنمو وتكاثر الأحياء الدقيقة على أو فى الغذاء.

13 - 5 العوامل المؤثرة على الأحياء الدقيقة فى الغذاء

لكل غذاء مجموعة من الظروف يطلق عليها إسم العوامل الداخلية intrinsic parameters وهذه تتأثر بمجموعة أخرى من الظروف تسمى العوامل الخارجية extrinsic parameters وتؤثر هاتان المجموعتان معاً تأثيراً كبيراً على نوع وعدد الكائنات الحية الدقيقة

فى وعلى الغذاء كما تؤثران على النشاط الفسيولوجى لهذه الكائنات. وتشمل العوامل الداخلية ما يلى : محتوى الغذاء من المغذيات – المحتوى الرطوبى – قيمة الأس الهيدروجينى – جهد الأكسدة والاختزال – المركبات الطبيعية المضادة للكائنات الحية الدقيقة – التركيب البيولوجى للغذاء. أما العوامل الخارجية فتشمل : درجة حرارة التخزين – الرطوبة النسبية – تركيب غازات الوسط المحيط أثناء التخزين – طول زمن التخزين.

13 - 5 - 1 العوامل الداخليـــة

13 - 5 - 1 - 1 محتوى الغذاء من المغذيات

نجد أن محتوى المغذيات (ماء – مصدر الطاقة للتفاعلات الميتابولزمية – مصدر النتروجين – الڤيتامينات وعوامل النمو والمعادن) فى أغذية مختلفة سوف يساند نمو أنواع معينة من الكائنات الحية الدقيقة حيث أن قدرة الكائنات الحية الدقيقة على الاستفادة من مركبات معينة وبناء المكونات اللازمة لها يعتمد على النظم الإنزيمية التى يمكن لهذه الأحياء تكوينها ولا شك أن ذلك يتوقف على الشفرة الوراثية genetic code الموجودة فى هذه الكائنات.

وبصفة عامة يمكن القول بأن الأغذية التى تعتبر مغذية للإنسان تعتبر أيضاً مصدراً جيداً للمغذيات اللازمة للأحياء الدقيقة فمثلاً اللبن واللحم لاحتوائهما على معظم المغذيات لذا يعتبرا بيئة صالحة لنمو العديد من الكائنات الحية الدقيقة، بينما يعتبر الكرنب مصدراً فقيراً فى المغذيات ولذلك يكون بيئة صالحة لنمو أحياء دقيقة محدودة مثل أفراد من *Lactobacillaceae* .

نجد أن كل مكون من هذه المغذيات له تأثيره على الأحياء الدقيقة :

أولاً – الكربوهيدرات: نجد أن الأغذية النشوية مثل الحبوب والبطاطس لا تسمح إلا بنمو الأحياء الدقيقة التى تنتج إنزيمات الأميليز خاصة تلك القادرة على تكسير النشا فى صورته الطبيعية (يصعب مهاجمة النشا فى صورته الطبيعية بواسطة الكثير من الإنزيمات الميكروبية المحللة للنشا بالمقارنة بالنشا المطبوخ). كما لا يمكن تكسير السليلوز والبكتين الموجودين فى الخضروات إلا بواسطة الأحياء الدقيقة المنتجة للإنزيمات المحللة للسيليلوز والبكتين. كذلك

نجد أن اللاكتوز الموجود فى اللبن لا يسمح إلا بنمو الأحياء الدقيقة التى يمكنها استهلاك اللاكتوز كمصدر للكربوهيدرات والطاقة مثل بعض الخمائر وبعض سلالات من *Enterobacteriaceae*.

ثانياً اللبيدات: وجود اللبيدات يشجع من سيادة أنواع الأحياء الدقيقة التى يمكنها تحليل اللبيدات.

ثالثاً – مصدر النتروجين : تختلف الميكروبات فى مقدرتها على الاستفادة من مصدر النتروجين فمنها ما يمكنه الاستفادة من النتروجين فى صورة نيترات أو أمونيا لإنتاج الأحماض الأمينية اللازمة له ومنها ما يحتاج لوجود واحد أو أكثر من الأحماض الأمينية فى بيئة النمو (الغذاء) والبعض الآخر يمكنه تحليل الجزيئات الكبيرة المحتوية على النيتروجين (ببتيدات عديدة) لذا تسمى بالأنواع المحللة للبروتين proteolytic species والأخيرة تعطى الفرصة لكائنات أخرى (لها قدرة ضعيفة أو غير قادرة على تحليل الببتيدات العديدة) للاستفادة من نواتج تكسير الببتيدات العديدة كمصدر للنتروجين. ويجب أن نلاحظ أن البروتينات المعقدة يصعب مهاجمتها بواسطة الكائنات الحية الدقيقة باستثناء تلك الأحياء الدقيقة التى بها الكولاجينيز فهذه تلعب دوراً هاماً فى فساد اللحوم.

رابعاً – الفيتامينات: يظهر تأثير الفيتامينات (كأحد المغذيات) على الأحياء الدقيقة فى عدم قدرة الأحياء الدقيقة التى تحتاج لواحد أو أكثر من فيتامينات ب على النمو والتكاثر فى الفاكهة (فقيرة فى محتواها من فيتامينات ب) بل تنمو عليها الخمائر والأعفان القادرة على تخليق هذه الفيتامينات .. وعلى النقيض نجد أن الأغذية الحيوانية مثل اللحم (الغنية فى محتواها من فيامينات ب) تسمح بنمو الأحياء الدقيقة شديدة الحساسية fastidious organisms مثل *Lactobacillus* .

من ذلك يتضح أن التركيب الكيماوى للغذاء أو محتوى الغذاء من المغذيات سوف يؤثر على نوع الكائنات الحية الدقيقة التى سوف تنمو على هذا الغذاء كما يؤثر أيضاً على النواتج التى تتكون أثناء نمو هذه الكائنات.

13 - 5 - 1 - 2 المحتوى الرطــوبى

يتطلب نمو الأحياء الدقيقة وكذا تفاعلاتها الحيوية وجود الماء فى صورة متاحة .. ولما كان المحتوى الرطوبى يعبر عن الماء فى صورتيه الحرة والمرتبطة لذلك يستخدم مصطلح نشاط الماء A_w water activity للتعبير عن الماء المتاح للكائنات الحية الدقيقة. (ويمثل نشاط الماء فى غذاء ما النسبة بين ضغط بخار الماء فى هذا الغذاء (P) إلى ضغط بخار الماء النقى (P_o) عند نفس درجة الحرارة).

نجد أن كل كائن من الأحياء الدقيقة له نشاط ماء أمثل لنموه وبانخفاض نشاط الماء عن الحـد الأمـثل يقل مـعدل نمو هذا الكائن إلى أن يصل نشـاط الماء لحده الأدنى والذى يتوقف نمو الكائن بعده. وعموماً يمكن ترتيب الأحياء الدقيقة على حسب الحد الأدنى لنشاط الماء اللازم لها تنازلياً كما يلى : البكتريا المسببة للأمراض ومعظم البكتريا السالبة لصبغة جرام العصوية – معظم البكتريا الكروية – معظم الخمائر – معظم الأعفان وبكتريا *Staphylococcus aureus* – معظم البكتريا المحبة للملوحة halophilic bacteria (بكتريا غير قادرة على النمو فى بيئة خالية من الملح وتحتاج لكمية من الملح للنمو ويتراوح تركيز الملح اللازم على حسب نوع البكتريا من 3 - 5 ٪ ومن 5 - 20 ٪ ومن 20 - 30٪ للبكتريا المحبه للملوحة بدرجة بسيطة slight halophiles ومتوسطة moderate halophiles ومفرطة extreme halophiles على الترتيب) – الأعفان المحبة للجفاف xerophilic moulds (أعفان تنمو جيداً فى وسط جاف أو فى وسط به A_w أقل من 0.85) – الخمائر المحبة للضغط الإسموزى العالى osmophilic yeasts (خمائر تنمو فى وسط إسموزى عالى وتنمو فى التركيزات العالية من السكر).

ويوضح جدول رقم 13 - 3 الحد الأدنى لنشاط الماء اللازم لنمو بعض الأحياء الدقيقة عند درجة حرارة نموها الأمثل.

جدول رقم 13 - 3 الحد الأدنى لنشاط الماء A_w اللازم لنمو بعض الأحياء الدقيقة

الاسـم العلمـى	نشاط المـاء	الاسـم العلمـى	نشاط المـاء
1 - البكتـريا		3 - الأعفـان	
Bacillus cereus	0.95	*Aspergillus flavus*	0.78
B. subtilis	0.90	*A. niger*	0.77
Clostridium botulinum (A)	0.95	*A. ochraceous*	0.77
C. Perfringens	0.95	*Botrytis cinerea*	0.93
Enterobacter aerogenes	0.94	*Monascus bisporus*	0.61
Escherichia coli	0.95	*Mucor plumbeus*	0.93
Halobacterium halobium	0.75	*Penicillium brevicompactum*	0.81
Lactobacillus plantarum	0.94	*P. chrysogenum*	0.79
Microbacterium sp.	0.94	*P. citrinum*	0.80
Salmonella sp.	0.95	*P. cyclopiam*	0.81
Staphylococcus aureus	0.86	*P.expansum*	0.83
Vibrio parahaemolyticus	0.94	*P. patulum*	0.81
2 - الخمـائر		*P. puberulum*	0.81
Debaryomyces hansenii	0.83	*P. viridicatum*	0.81
Saccharomyces cerevisiae	0.90	*Rhizopus nigricans*	0.93
S. rouxii	0.62		

المصدر : معدل عن (Christian), In : ICMSF (1980a)

ومن ناحية أخرى فإن كل غذاء له نشاط ماء معين (كوسط لنمو الأحياء الدقيقة) ... ففى الأغذية التى بها نشاط ماء 0.98 وأعلى – حيث يمكن لجميع الأحياء الدقيقة تقريباً النمو – نجد أن نمو البكتريا يفوق نمو الفطريات لأنها أسرع بكثير فى النمو من الأعفان

وأسرع إلى حد ما فى النمو من الخمائر وبالتالى فإن فساد هذه الأغذية تسوده البكتريا. وفى الأغذية التى لها نشاط ماء أقل من 0.95 تسود البكتريا السالبة لصبغة جرام العصوية متبوعة بالبكتريا الكروية وتلك التابعة للـ lactobacilli وهى مقاومة للضغط الأسموزى العالى نسبياً وعند نشاط ماء أقل من 0.85 ينحسر الدور الذى تلعبه البكتريا ومعظم الخمائر بينما تنمو الأعفان وتسود، وفى الأغذية التى بها تركيزات عالية من السكر تسود الخمائر المحبة للضغط الإسموزى العالى وفى الأغذية التى بها تركيز عالى من الملح تسود البكتريا المحبة للملوحة وعندما يكون نشاط الماء فى أغذية جافة حوالى 0.75 تسود الأعفان المحبة للجفاف. ويوضح الجدول رقم 13 - 4 العلاقة بين المدى من نشاط الماء فى الأغذية بالأحياء الدقيقة التى يمكنها النمو والتكاثر فيها.

جدول رقم 13 - 4 : العلاقة بين المدى من نشاط الماء فى الأغذية بالأحياء الدقيقة التى يمكنها النمو والتكاثر فى هذه الأغذية

المدى من نشاط الماء	أمثلة على أغذية لها نشاط ماء فى هـذا المـدى	الأحياء الدقيقة التى يمكنها النمو والتكاثر فى هذه الأغذية
0.98 وأعلى	اللحوم والأسماك الطازجة – الخضروات والفاكهة الطازجة – اللبن.	الأحياء الدقيقة المسببة للفساد وتلك المنتجة للسموم.
أقل من 0.98 إلى 0.93	لبن مبخر – عجينة طماطم – أسماك ولحوم مملحة بدرجة بسيطة – أجبان – خبز.	يمكن للبكتريا المنتجة للسموم أن تنمو على الأقل فى الأغذية التى لها A_w قريبة من الحد الأقصى.
0.93 إلى 0.85	لحم مجفف – لبن مكثف محلى.	الأعفان المنتجة للسموم والبكتريا S. aureus.
0.85 إلى 0.6	دقيق – حبوب – مكسرات. مربات وجلى – فاكهة مجففة . أسماك مملحة.	أعفان محبة للجفاف. خمائر محبة للضغط الإسموزى العالى. بكتريا محبة للملوحة.
أقل من 0.6	شيكولاته – عسل – بسكويت – رقائق بطاطس محمرة (شيبس) – خضروات مجففة.	لا يمكن للأحياء الدقيقة النمو والتكاثر ولكن يمكنها البقاء حية لفترة طويلة.

13 - 5 - 1 - 3 قيمة الأس الهيدروجينى (pH value)

يستخدم اصطلاح قيمة الأس الهيدروجينى pH للتعبير عن اللوغاريتم السالب لنشاط (تركيز) أيون الهيدروجين فى وسط ما. ونجد أن الأحياء الدقيقة لها حد أدنى وحد أعلى وحد أمثل من قيمة الأس الهدروجينى لكى تنمو فى وسط ما. معظم البكتريا يكون الـ pH الأمثل لنموها قريباً من 7 لذلك تسمى محبة للوسط المتعادل neutrophiles وبعض البكتريا تنمو أفضل فى وسط يميل للحموضة البسيطة وذلك مثل البكتريا المنتجة للأحماض من أفراد الجنس *Lactobacillus* والجنس *Streptococcus* (بكتريا مقاومة للحموضة البسيطة aciduric or acid - tolerant) وقد يرجع السبب فى ذلك إلى تثبيط نمو الأحياء الدقيقة الأخرى وبالتالى التخلص من التنافس الميكروبى فى نفس الوسط. بينما تنمو البكتريا المحللة للبروتين والتابعة للجنس *Pseudomonas* فى وسط يميل للقلوية البسيطة. ومن ناحية أخرى يوجد بعض البكتريا التى يكون نموها الأمثل فى وسط شديد الحموضة وتعرف بالمحبة للحموضة acidophiles وأيضاً توجد بكتريا محبة للوسط الشديد القلوية alkalinophiles. وبصفة عامة نجد أن الأعفان يمكنها النمو فى وسط له قيمة pH أكثر انخفاضاً بالمقارنة بالخمائر كما أن الخمائر أكثر مقاومة لوسط له قيمة pH منخفضة بالمقارنة بالبكتريا. وعادة ما تنمو البكتريا أسرع من الخمائر فى وسط متعادل أو بسيط الحموضة ولكن عندما ينخفض pH الوسط عن 5 فإن الخمائر تتنافس أو تتفوق على البكتريا فى النمو. ويوضح الجدول رقم 13 - 5 حد الـ pH الأدنى والأمثل والأعلى لنمو بعض الأحياء الدقيقة.

ويمكن للأحياء الدقيقة أن تغير الأس الهيدروجينى للوسط الذى تنمو فيه أثناء نموها فى هذا الوسط فمثلاً البكتريا *Thiobacillus thiooxidans* تنتج حامض كبريتيك كأحد النواتج الميتابولزمية بينما نجد البكتريا *Helicobacter pylori* والتى تتواجد فى معدة الإنسان (وسط مرتفع الحموضة) يمكنها البقاء حية فى هذا الوسط نظراً لقدرتها العالية على إنتاج إنزيم اليوريز urease الذى يكسر اليوريا وتنتج الأمونيا وبالتالى يحدث إرتفاع فى pH الوسط المحيط بالبكتريا ويحميها من مهاجمة الحامض لها.

جدول رقم 13 - 5 : المدى التقريبى لقيم الـ pH لنمو بعض الأحياء الدقيقة

الأسم العلمى للكائن الحى	الـــــــ pH		
	الأدنـــى	الأمثـل	الأعلـى
معظم البكتريا	4.5	7.5 - 6.5	9.0
Clostridium botulinum	5.0 - 4.8	8.0 - 6.0	8.8 - 8.5
Escherichia coli	4.4 - 4.3	8.0 - 6.0	10.0 - 9.0
معظـم *Lactobacillus*	4.4 - 3.0	6.0 - 5.5	8.0 - 7.2
Pediococcus cerevisiae	2.9	6.5 - 4.5	7.8
معظـم *Pseudomonas*	5.6	7.0 - 6.6	8.0
معظـم *Salmonella*	5.0 - 4.5	7.5 - 6.0	9.6 - 8.0
Staphylococcus aureus	4.7 - 4.0	7.0 - 6.0	9.8 - 9.5
Vibrio cholerae	-	8.6	-
V. parahaemolyticus	5.0 - 4.8	8.5 - 7.5	11.0
الخمائــــر	3.5 - 1.5	6.5 - 4.0	8.5 - 8.0
Saccharomyces cerevisiae	2.4 - 2.0	5.0 - 4.0	-
S. rouxii	1.5	5.5 - 3.5	10.5 - 8.5
الأعفـــان	3.5 - 1.5	6.8 - 4.5	11.0 - 8.0
Aspergillus niger	1.2	6.0 - 3.0	-
penicillium	1.9	6.7 - 4.5	9.3

المصدر : مأخوذ من Banwart (1989)

إذا نظرنا للأغذية كوسط لنمو الأحياء الدقيقة نجد أن كل غذاء له pH مـعين ، ويمكن تقسيم الأغذية على حسب قيم pH لها إلى ثلاث مجموعات (التقسيم الأكثر شيوعا) :

أولا : الأغذية ذات الحموضة المرتفعة high acid food : وهذه لها قيم pH أقل من 3.7 مثل المخللات وبعض الفاكهة مثل التفاح والبرقوق وبعض العصائر مثل عصير الكريز والجريب فروت والليمون وكذلك جلى الفاكهة.

ثانيا : الأغذية الحامضية acid food : وهى تلك الأغذية التى لها قيم pH أعلى من3.7 وأقل من 4.5 مثل معظم الفاكهة (كمثرى – عنب – خوخ – فراوله – برتقال ..) كذلك المربات والطماطم.

ثالثاً : الأغذية ذات الحموضة المنخفضة low acid food : وهى تلك الأغذية التى لها pH أعلى من 4.5 مثل اللحوم والأسماك والحيوانات الصدفية المائية والدواجن والخضروات واللبن ومنتجاته.

مما سبق يمكننا القول أن قيمة الأس الهيدروجينى – كواحد من العوامل الداخلية المؤثرة على نمو الأحياء الدقيقة – يؤثر على نوع ومدى نشاط الأحياء الدقيقة فى الأغذية المختلفة فمثلاً تنمو الخمائر والأعفان على أو فى الأغذية الحامضية (لها pH أقل من 4.5) مثل المخللات والمياه الغازية والفاكهة فى حين أن هذه الأغذية لا تساند نمو الأحياء الدقيقة غير المقاومة للحموضة مثل البكتريا العصوية السالبة لصبغة جرام ولا البكتريا *Clostridium botulinum* المنتجة لأخطر السموم (لا تنمو هذه البكتريا ولا تفرز سمومها فى وسط له pH أقل من 4.5) . وعلى النقيض من ذلك نجد أن البكتريا – نتيجة لنشاطها الحيوى العالى – سوف تفوق فى النمو الخمائر والأعفان فى وسط له pH أعلى من 4.5 .

كذلك بعض الأغذية لها رقم pH حوالى 9.5 مثل بياض البيض (إرتفاع pH الوسط راجع لهروب غاز ثانى أكسيد الكربون من بياض البيض بعد وضع البيض) يعتبر حماية هامة ضد الغزو البكتيرى.

ويجب التنويه هنا إلى أن التأثير المثبط للـ pH يعتمد على عدة عوامل أخرى مثل نوع الحامض ودرجة حرارة التخزين وباقى العوامل المؤثرة.

13 - 5 - 1 - 4 جهد الأكسدة والاختزال

يعرف جهد الأكسدة والاختزال oxidation - reduction potential بأنه قياس لقدرة نظام حيوى معين (الغذاء مثلاً) لإعطاء أو استقبال الإلكترونات، أما قدرة النظام على مقاومة التغير فى الأكسدة والاختزال فتسمى سعة إتزان الأكسدة

والاختزال redox poising capacity . وقبل مناقشة تأثير جهد الأكسدة والاختزال للغذاء على الأحياء الدقيقة فإنه يجب مناقشة احتياج الأحياء الدقيقة للأكسجين حيث تقسم الأحياء الدقيقة الهامة فى الأغذية حسب احتياجها للأكسجين (الأكسجين الحر الموجود فى الهواء الجوى) إلى :

أولاً : هوائية إجباراً strict or obligate aerobes : وهذه تحتاج الأكسجين لنموها حيث تستخدم الأكسجين كمستقبل نهائى للإلكترونات فى تنفسها وذلك مثل *Bacillus subtilis* ، *Bacillus megaterium*، micrococci ، pseudomonads ، وهذه لها أهميتها فى الأغذية فى حالة توفر الأكسجين كما هو الحال على أسطح اللحوم والأغذية المخزنة فى الهواء.

ثانيا: لا هوائية اختياراً facultative anaerobes : وهذه يمكنها النمو فى وجود أو عدم وجود الأكسجين وعادة يمكنها النمو بمعدل أسرع فى الظروف الهوائية ويرجع ذلك لقدرتها على استخدام الأكسجين كمستقبل نهائى للإلكترونات ولكن فى غيابه فإنه يمكنها استخدام العديد من مستقبلات الإلكترونات (مثل NO_3^- , SO_4^{2-}) وذلك مثل *Lactobacillaceae* ، *Enterobacteriaceae* ، *Corynebacteriaceae* ، وهذه تنمو على سطح وفى داخل الأغذية.

ثالثاً : لا هوائية إجباراً strict or obligate anaerobes : وهذه تنمو فى عدم وجود الأكسجين والتى يهمنا منها فى الأغذية تعتبر لا هوائية متوسطة moderate anaerobes بمعنى أنه يمكن تداولها وزرعها فى البيئات فى ظروف المعمل العادية (ضغط جوى عادى) ثم تحضن تحت ظروف لا هوائية (فى وعاء لا هوائى anaerobic jar) وذلك مثل أفراد من الجنس *Bacteroides* , *Clostridium*.

رابعاً : تحتاج لقليل من الهواء microaerophiles : وهذه يحدث لها تلف damage بواسطة التركيز العادى من الأكسجين فى الهواء ويلزمها تركيز أقل (2 - 10 ٪) لكى تنمو وذلك مثل أفراد الجنس *Vibrio* .

يتوقف جهد الأكسدة والاختزال لغذاء ما على عدة عوامل أهمها تركيب الغذاء (وجود

المواد المؤكسدة والمختزلة) وسهولة وصول الهواء الجوى (بما يحويه من أكسجين) إلى الغذاء. فمثلاً نجد أن الأنسجة الحية لها جهد أكسدة واختزال منخفض ويرجع ذلك إلى وجود مجاميع SH – فى الأنسجة الحيوانية وإلى وجود السكاكر المختزلة وفيتامين C فى النباتات، وهذا المثال يعكس تأثير تركيب الغذاء. وإذا أخذنا فى الاعتبار تأثير سهولة وصول الهواء الجوى للغذاء، نجد أن الأغذية السائلة التى لا تتعرض للتقليب يكون لها جهد أكسدة واختزال أقل من مثيلتها التى تتعرض للتقليب والأغذية المعبأة فى مواد تغليف لا تنفذ الهواء لها جهد أكسدة واختزال أقل من مثيلتها غير المعبأة.

مما سبق يتضح أنه فى أغذية مثل عصائر الفاكهة والتى لها جهد أكسدة واختزال مرتفع نسبياً وفى نفس الوقت حامضية نتوقع سياده للخمائر الهوائية والأعفان، أما فى اللحوم فإن تعرض السطح للهواء يسمح بنمو البكتريا الهوائية أما فى الأنسجة العميقة من اللحم فإن جهد الأكسدة والاختزال يكون منخفضاً فتنمو الكائنات اللاهوائية. كما أن تغيير جهد الأكسدة والاختزال فى الغذاء (كفرم اللحم مثلاً) يجعل السيادة لنمو الأحياء الدقيقة الهوائية.

13 - 5 - 1 - 5 مثبطات الأحياء الدقيقة الموجودة طبيعياً فى بعض الأغذية

تتواجد بعض المكونات الطبيعية المضادة للأحياء الدقيقة antimicrobial agents فى الخضروات والأغذية الحيوانية، حيث تتواجد بعض الزيوت الطيارة essential oils وبعض المركبات غير الطيارة مثل الجليكوسيدات والتانينات فى الخضروات.. أما الأغذية الحيوانية فتوجد بها بعض البروتينات المؤثرة على المناعة immuno - proteins.

والجدير بالذكر أن هذه المركبات متخصصة فى تأثيرها أى تؤثر على أنواع معينة من الأحياء الدقيقة وبالتالى فإن هذه الأغذية ما زالت قابلة للفساد perishable لأنها تهاجم بواسطة الأحياء الدقيقة الأخرى المقاومة لهذه المثبطات. كذلك فإن هذه المثبطات – خاصة تلك الموجودة فى الأغذية الحيوانية – تكون غير ثابتة labile.

وفيما يلى أمثلة لبعض الأغذية المحتوية على مثبطات طبيعية للأحياء الدقيقة :

بياض البيض يحتوى على: ليسوزيم lysozyme – أوفوميوكيد ovomucoid – كون البيومين conalbumin – أوفوترانسفيرين ovotransferrin –

أوفوفلافوبروتين ovoflavoprotein – أفيدين avidin .

اللحوم والدواجن والأسماك تحتوى : ليسوزيم – بعض الهرمونات – عديدات الببتيد.

اللبن الخام يحتوى: ليسوزيم – أجلوتينينات agglutinins – لاكتينينات lactenins – لاكتوفيرين lactoferrin .

المنتجات النباتية تحتوى: فلافونولات وتانينات وحامض فيتيك .. فمثلاً يوجد الأليسين allicin في الثوم والأليوروبين oleuropein فى الزيتون.

والجدير بالذكر أن معظم هذه المثبطات تؤثر على البكتريا الموجبة لصبغة جرام بدرجة أكبر من تلك السالبة لصبغة جرام وقد يكون هذا هو أحد أسباب فساد الأغذية بدرجة أكثر بواسطة البكتريا السالبة لصبغة جرام.

13 - 5 - 1 - 6 التراكيب الحيوية Biological structures

لبعض الأغذية تراكيب حيوية خاصة تعمل كحواجز واقية protective barriers وذلك مثل القشرة والأغشية الداخلية فى البيض والقصرة testa فى الحبوب والكيوتيكل المحيط ببعض الأعضاء النباتية. حيث تعمل هذه التراكيب كحاجز واقى لمنع نفاذ الأحياء الدقيقة إلى الأجزاء الداخلية المحمية بواسطة هذه الحواجز. وعند حدوث تلف لهذه الحواجز سواء بواسطة الحشرات والقوارض أو تلف ميكانيكى أو غيره فإنه يمكن للأحياء الدقيقة الدخول لمكونات الغذاء الداخلية وإحداث فساد بها . والجدير بالذكر أن درجة نضج الفاكهة والخضروات تؤثر على الكفاءة الواقية لهذه الحواجز (بزيادة النضج تقل كفاءة الكيوتيكل فى منع الأحياء الدقيقة من الوصول إلى الداخل) .

13 - 5 - 2 العوامل الخارجية

13 - 5 - 2 - 1 درجة الحرارة التى يخزن عليها الغذاء Temperature of storage

تنمو الأحياء الدقيقة الهامة فى مجال الأغذية فى مدى واسع من درجات الحرارة يتراوح بين 10° مئوية تحت الصفر إلى 80°م (14 - 176°ف) ولكن لا يوجد كائن من هذه الأحياء الدقيقة يمكنه النمو فى كل هذا المدى الواسع من درجات الحرارة، بل لكل كائن

درجة حرارة مثلى وأخرى دنيا وثالثة قصوى للنمو، لذلك وضعت ثلاث درجات حرارة رئيسية (أو مدى من درجات الحرارة الرئيسية) لوصف النمو الميكروبى وهذه تشمل : درجة الحرارة الدنيا للنمو minimum growth temperature – درجة الحرارة المثلى للنمو optimum growth temp. ودرجة الحرارة القصوى (العليا) للنمو maximum growth temp. . والمقصود بدرجة الحرارة الدنيا والقصوى بأنها درجات الحرارة التى لا يمكن للكائن أن ينمو على درجة حرارة أقل أو أعلى منها على الترتيب. أما درجة الحرارة المثلى للنمو فإنه يصعب وصفها لأنها قد تكون درجة الحرارة المثلى للإنتاج الكلى للخلايا total cell yield أو لمعدل النمو أو لمعدل الميتابولزم أو للتنفس أو لإنتاج ناتج ميتابولزمى معين ولكن عادة ما يقصد بدرجة الحرارة المثلى تلك التى يحدث عندها أعلى معدل نمو وهى تعكس درجة حرارة المنشأ الطبيعى للكائن الحى موضع الإعتبار.

وبالتالى يمكن تقسيم الكائنات الحية الدقيقة على أساس درجات الحرارة الثلاث الرئيسية إلى المجموعات التالية:

المجموعة		درجة حرارة النمو °م (°ف)		
		الدنيا	المثلى	القصوى
الأحياء الدقيقة المحبة لدرجات الحرارة المنخفضة	Psychrophiles	5 + - 15 -	15 - 10	20
		(41 - 5)	(59 - 50)	(68)
الأحياء الدقيقة المتغذية على البرد أو آكلة البرد	Psychrotrophs	5 + - 5 -	30 - 25	35
		(41 - 23)	(86 - 77)	(95)
الأحياء الدقيقة المحبة لدرجات الحرارة المتوسطة	Mesophiles	15 - 5	40 - 25	45
		(59 - 41)	(104 - 77)	(113)
الأحياء الدقيقة المحبة لدرجات الحرارة المرتفعة	Thermophiles	45 - 40	65 - 54	90 - 60
		(113 - 104)	(149 - 129)	(194 - 140)

ويجب أن نأخذ فى اعتبارنا أن درجة حرارة النمو تعتمد على السلالات وعلى الصفات الطبيعية والكيماوية للوسط الذى تعيش فيه الأحياء الدقيقة.

أولاً : الأحياء الدقيقة المحبة لدرجات الحرارة المنخفضة Psychrophiles

وهذه لها عدة تعريفات وأبسطها أنها الكائنات التى يمكنها النمو جيداً على درجة الصفر المئوى وتعطى مستعمرات مرئية فى غضون 7 - 14 يوم ولكن أضيف لهذا التعريف أن درجة الحرارة المثلى لهذه الكائنات تكون 15 ْم (59 ْف) أو أقل ودرجة الحرارة القصوى للنمو 20 ْم (68 ْف) والدنيا صفر مئوى (32ْف) أو أقل.

وكثيراً ما يطلق على هذه المجموعة المحبة لدرجات الحرارة المنخفضة إجبارا obligate psychrophiles ويوجد عدد محدود منها له أهمية فى الأغذية وغالباً ما تكون هذه الكائنات ذات أصل بحرى.

ثانياً : الأحياء الدقيقة المتغذية على البرد أو آكلة البرد

Psychrotrophs (cold - eaters)

وقد اعترض المشتغلون فى مجال الأحياء الدقيقة على هذا المصطلح على أساس أن البرد لا يؤكل ويفضلون استخدام مصطلح المحبة لدرجات الحرارة المنخفضة اختياراً facultative psychrophiles وإن كان مصطلح سيكروتروفية psychrotrophs هو الأكثر شيوعاً حتى الآن.

وتعرف هذه المجموعة من الكائنات بأنها تلك الأحياء الدقيقة القادرة على التكاثر على درجات حرارة 5 ْم (41ْف) وأقل بغض النظر عن درجة الحرارة المثلى والقصوى لها. والجدير بالذكر أن معظم الأحياء الدقيقة التى تنمو فى الأغذية على درجات الحرارة المنخفضة تتبع هذه المجموعة (psychrotrophs).

والأجناس التالية من البكتريا تحوى أفراد تابعة لهذه المجموعة :

Chromobacterium – Bacillus – Arthrobacter – Alcaligenes – Aeromonas – Escherichia – Erwinia – Enterobacter – Corynebacterium – Clostridium – Listeria – Leuconostoc – Lactobacillus – Klebsiella – Flavobacterium Serratia – Pseudomonas – Proteus – Micrococcus – Microbacterim – Yersinia – Vibrio – Streptococcus – Streptomyces – .

كما أن أهم الأجناس من الخمائر التى تضم أفراداً من هذه المجموعة تتمثل فى :
Torulopsis – Rhodotorula– Cryptococcus – Candida، أما الأعفان السيكروتروفية فتشمل أفراد من الأجناس: *Penicillium – Cladosporium – Aspergillus – Trichothecium* .

ويمكن اعتبار هذه المجموعة على أنها تحت مجموعة من الأحياء الدقيقة المحبة لدرجات الحرارة المتوسطة mesophiles ولكنها قادرة على النمو على درجات حرارة أقل من درجات الحرارة الدنيا لمعظم الـ mesophiles .

ثالثاً الأحياء الدقيقة المحبة لدرجات الحرارة المتوسطة Mesophiles

نجد أن الكثير من الأحياء الدقيقة ذات الأصل الحيوانى أو الآدمى بما فيها جميع الأحياء الدقيقة الممرضة [لها درجة حرارة مثلى للنمو فى المدى 35 - 45°م (95 - 113°ف)] وكذلك العديد من الأنواع المسببة لفساد الأغذية [درجة الحرارة المثلى لنموها 25 - 30 °م (77 - 86°ف)] تقع فى هذه المجموعة .. حيث أنها كائنات تفضل درجات الحرارة المتوسطة، ودرجة الحرارة المثلى لنموها عادة تقع بين 25 - 45°م (77 - 113°ف) ودرجة الحرارة الدنيا لنموها فى المدى بين 5 - 15°م (41 - 59°ف) والزمن الجيلى للعديد من هذه الكائنات عادة ما يكون 30 دقيقة أو أقل وذلك عند درجة الحرارة المثلى للنمو.

رابعاً : الأحياء الدقيقة المحبة لدرجات الحرارة المرتفعة Thermophiles

وهذه قد تقسم إلى مجموعتين وهما تلك المحبة لدرجة الحرارة المرتفعة إجباراً وهذه لا يمكنها النمو على 40°م (104°ف) وتلك المحبة لدرجات الحرارة المرتفعة اختياراً وهذه يمكنها النمو على درجة حرارة 40°م (104°ف) .

وننوه إلى أن درجة حرارة تخزين الأغذية تحدد أهمية كل مجموعة من هذه المجموعات، فكثير من الأغذية تخزن مبردة وبالتالى تظهر أهمية الأحياء الدقيقة (السيكروتروفيه) حيث يكون لها السيادة فى النمو وتتسبب فى فساد الأغذية المبردة.

أما الأحياء الدقيقة المحبة لدرجات الحرارة المتوسطة والتى نجد منها أنواعا species

فى جميع الأجناس genera الهامة فى الأغذية فأنها تسبب فساد الأغذية المخزنة على درجة الحرارة المتوسطة، والأهم من ذلك أن الكثير من أفراد هذه المجموعة ينتمى إلى الأحياء الدقيقة الممرضة والتى يتمثل افرادها فى أنواع من الأجناس:

Bacillus ، *Clostridium* ، *Salmonella* ، *Shigella*، *Staphylococcus* وغيرها.

والجدير بالذكر أنه نظراً لارتفاع معدل النمو وارتفاع النشاط الإنزيمى فى المدى من درجات الحرارة الذى يلائم هذه المجموعة فإن فساد الأغذية بواسطة هذه الكائنات يحدث بمعدل أسرع بالمقارنة بذلك الناتج من المجموعة السيكروتروفيه.

أما الأحياء الدقيقة المحبة لدرجات الحرارة المرتفعة فإنها تسبب فساد الأغذية إذا تم تخزينها على درجات حرارة 50 - 70ْم (122 - 158ْف) وهذا قد يحدث أثناء التسخين عند طهى أو تصنيع الأغذية .. كما أن هذه المجموعة من الكائنات تعتبر مسؤولة عن فساد الأغذية فى بعض البلاد الإستوائية tropical countries. ولا شك أن الزمن الجيلى generation time لهذه المجموعة يكون أقصر من مثيله فى حالة المجموعتين السابقتين وذلك عند درجات الحرارة المثلى لكل مجموعة وبالتالى فإن فساد الأغذية بواسطة الأحياء الدقيقة المحبة لدرجات الحرارة العالية يكون الأسرع.

13 - 5 - 2 - 2 كمية الرطوبة فى الجو المحيط بالغذاء

أولاً : الهجرة الخارجية للماء

إذا خزن الغذاء فى أوعية مفتوحة أو عبوات لا تمنع نفاذ الرطوبة فإن ضغط بخار الماء فى الهواء المحيط سوف يؤثر على نشاط الماء (A_w) لهذا الغذاء؛ والأمثلة على ذلك كثيرة فالحبوب المستوردة من مناطق جافة إلى مناطق ذات جو رطب سوف تمتص الماء ومن ثم تنمو عليها الأعفان. والأغذية المبردة عند تعرضها لتيار من الهواء الدافئ يتكثف عليها الماء (عرق) وهذا يؤدى لإرتفاع (A_w) لهذه الأغذية كما يشجع من انتشار البكتريا المتحركة motile ويسرع من فساد تلك الأغذية.

والجدير بالذكر أنه يوجد اصطلاح يعرف باسم إتزان الرطوبة النسبية Equilibrium relative humidity (ERH٪) وهو تعبير يشير للإتزان بين الجو المحيط مع

المادة الغذائية، فإذا كان نشاط الماء للمادة الغذائية A_w مضروباً فى 100 = النسبة المئوية للرطوبة النسبية (RH ٪) فى الجو المحيط فإن المادة الغذائية فى حالة إتزان مع الرطوبة النسبية للجو المحيط، أما إذا كانت $A_w \times 100$ للمادة الغذائية أقل من RH ٪ للجو المحيط فإن ذلك يعنى تكثيف الماء على سطح المادة الغذائية حتى يحدث إتزان . وإذا كانت $A_w \times 100$ للمادة الغذائية أعلى من RH ٪ للجو المحيط فهذا يعنى جفاف سطح المادة الغذائية حتى يحدث إتزان مع RH ٪ للجو المحيط.

ثانياً : الهجرة الداخلية للمـاء

قد تحدث هجرة داخلية للماء داخل الغذاء ، ففى الأغذية الجافة نسبياً والمعبأة فى عبوات لا تنفذ الرطوبة فإن التغيرات الحادثة فى درجات حرارة الليل والنهار قد تؤدى إلى هجرة داخلية لبخار الماء وبالتالى نجد أن بعض مناطق من الغذاء تمتص كمية كافية من الماء تسمح بإنبات أبواغ الأعفان وتكوين ميسيليوم فى هذه المناطق. كذلك فإنه عند حدوث تخفيف موضعى عند سطح شراب الفاكهة المركزة المخزنة فإن ذلك يسمح بنمو الخمائر المحبة للضغط الإسموزى العالى osmophilic yeasts .

13 - 5 - 2 - 3 تركيب غازات الجو المحيط

قد يحدد نوع وتركيز الغاز فى الجو المحيط بالغذاء، أنواع الأحياء الدقيقة التى تسود، فوجود الأكسجين يشجع نمو الأنواع الهوائية من الأحياء الدقيقة بينما نقص أو وجود تفريغ سوف يسمح بسيادة الكائنات اللاهوائية اختيارياً.

كما تختلف الأحياء الدقيقة اختلافاً كبيراً فى تحملها لثانى أكسيد الكربون حيث أن هذا الغاز له تأثير تثبيطى متخصص على بعض الأحياء الدقيقة (بالإضافة لدوره فى الإحلال مكان الأكسجين كغيره من الغازات المستخدمة لهذا الغرض مثل النيتروجين) حيث وجد أن غاز CO_2 قد يقتل أو يثبط أو لا يؤثر على أو يشجع نمو الأحياء الدقيقة وذلك يعتمد على نوع الكائن وعمر الخلايا وتركيز CO_2 كذلك يعتمد تأثيره على قيمة pH و A_w لهذا الغذاء. فمثلاً اللحوم الطازجة المعبأة تحت تفريغ vacuum - packaged فى عبوات غير منفذة للغازات والمخزنة فى غرف تبريد تكون مدة حفظها أطول عدة أضعاف من تلك المخزنة فى الهواء

العادى تحت نفس درجة الحرارة، ويرجع ذلك لزيادة تركيز CO_2 فى الجو المحيط باللحم داخل العبوة حتى يصل تركيزه إلى 30 ٪ من غازات الجو المحيط ويقابل ذلك نقص فى المحتوى من الأكسجين (ينخفض ليصبح 1 – 3 ٪) كنتيجة لنشاط الإنزيمات داخل اللحم. وهذا التغير فى تركيب غازات الجو المحيط يثبط نمو البكتريا الهوائية سريعة النمو والمسببة لفساد اللحم (أهمها الكائنات التابعة للجنسين *Acinetobacter , Pseudomonas*)، وفى نفس الوقت فإن هذا التغيير يشجع من نمو lactobacilli المقاومة لغاز ثانى أكسيد الكربون والأبطأ فى النمو ، مما يؤدى إلى زيادة مدة حفظ هذا اللحم. كذلك فإن التخزين فى جو تم التحكم فى تركيب غازاته Controlled atmosphere storage (بزيادة تركيز CO_2 مثلاً) يستخدم لتثبيط نشاط الخمائر والأعفان فى الخضروات والفاكهة المخزنة فى غرف تبريد بالإضافة إلى أنه يؤدى إلى ضبط نضج الفاكهة.

13 - 5 - 2 - 4 طول فترة التخزين

تؤثر فترة التخزين على شدة الفساد spoilage potential بواسطة الأحياء الدقيقة فى الغذاء.

13 - 5 - 3 تأثير التصنيع

أولاً: تأثير المعاملات دون المميت Sublethal stress

تتعرض الأحياء الدقيقة أثناء تصنيع الأغذية لمؤثرات فيزيقية وكيماوية مثل معاملات درجات الحرارة المرتفعة أو المنخفضة – التشعيع – الضغط الإسموزى العالى – واستخدام مواد كيماوية مختلفة؛ ولما كان الهدف الرئيسى من تصنيع الأغذية هو المحافظة عليها مدة أطول مع المحافظة على محددات جودتها وليس القضاء على جميع الأحياء الدقيقة فى الغذاء، فإن استخدام هذه المعاملات يكون عند الحد الأدنى . وبالتالى فإن تأثير هذه المعاملات على الأحياء الدقيقة قد يكون قاتلاً أو لا يؤثر عليها أو يسبب أضراراً للخلية ، وهنا يطلق على تأثير هذه المعاملة اصطلاح التأثير دون المميت ، أما الأضرار التى تحدث للخلية فتسمى تلفاً lesions (تلف الغشاء السيتوبلازمى – تغيير فى مقدرة الخلية الميتابولزمية – تغيير فى النشاط الأنزيمى و/أو تكسر الريبوسومات والأحماض النووية ...).

ونتيجة لحدوث تلف للخلايا فإنه يحدث تغيير فى مقدرة الأحياء الدقيقة على النمو

ونجد أن هذه الخلايا (التالفة) لها طور سكون lag phase أطول ولها احتياجات تغذوية أكثر من الخلايا العادية وتزداد حساسيتها للعوامل الأخرى المؤثرة على النمو ومحددات النمو المختلفة (pH ، A_w، مثبطات ...) كما تكون أكثر عرضة للموت والتثبيط من الخلايا العادية عند التعرض لتأثيرات ضاغطة stress أخرى. كما يلاحظ عدم قدرتها على النمو فى بيئات الزرع الانتقائية selective media . ولكن هذه الخلايا التالفة يمكن أن يحدث لها إصلاح repair إذا توافرت الظروف المناسبة ومن ثم يمكنها النمو والتكاثر.

ويتوقف تأثير المعاملات المختلفة على خلايا الأحياء الدقيقة على عدة عوامل أهمها : مدة التعرض للمؤثر وشدته – طور نمو الكائن الحى (عادة ما تكون خلايا الكائن الحى فى مرحلة النمو اللوغاريتمى أكثر عرضة لتأثير هذه المعاملات) – الحالة الفسيولوجية للكائن الحى – تركيب الغذاء الذى يتواجد فيه تلك الأحياء الدقيقة.

ثانياً: تغيير التركيب الكيماوى للغذاء

تؤثر بعض طرق تصنيع الغذاء على تركيبه الكيماوى ومن ثم تؤثر على الأحياء الدقيقة التى تتواجد فى هذا الغذاء وفيما يلى بعض أمثلة على ذلك:

1- تغيير قيمة نشاط الماء A_w، فنشاط الماء للغذاء يمكن أن يقل بإزالة الماء كما هو الحال فى التجفيف والتدخين أو بزيادة تركيز المذاب كما فى التمليح والتسكير.

2- تغيير قيمة الأس الهيدروجينى pH حيث تنخفض قيمة الأس الهيدروجينى نتيجة للإضافة المباشرة للأحماض مثل الخليك واللاكتيك أو نتيجة لإنتاج حامض اللاكتيك فى بعض الصناعات الميكروبية [لحوم – مخللات – ياغورت (زبادى)].

3- إضافة بعض المواد الحافظة مثل حامض البنزويك والسوربيك فى عصائر وشراب الفاكهة والمربات.

ثالثاً : التلوث نتيجة التصنيع

على الرغم من أن طرق التصنيع المختلفة تهدف إلى تقليل التلوث الميكروبى إلا أنه قد يحدث أحياناً زيادة فى عدد ونوع الأحياء الدقيقة وذلك فى حالة استخدام مكونات مضافة ingredients أو معدات تصنيع أو مواد تغليف حدث لها تلوث شديد .

13 - 5 - 4 العـوامل البيولوجية

بالإضافة للعوامل البيئية سالفة الذكر (العوامل الداخلية – العوامل الخارجية – تأثير التصنيع) فإن هناك عوامل بيولوجية تؤثر على نمو الكائنات الحية الدقيقة فى الأغذية كما أنها تشارك فى تحديد الأنواع التى تسود فى تلك الأغذية. وهذه تشمل معدل النمو لكل من سلالات الأحياء الدقيقة الموجودة فى الغذاء والتأثير المتبادل بين أنواع الأحياء الدقيقة والتى تتواجد فى الأغذية فى صورة أعداد مختلطة mixed populations وليس فى صورة نقية pure . وفى بعض المراجع قد تسمى هذه العوامل البيولوجية باسم العوامل الكامنة implicit parameters .

13 - 5 - 4 - 1 معدل النمـو

نجد أن أى كائن ينمو بطريقة مميزة وبمعدل مميز له وذلك تحت ظروف بيئية معينة. ونجد أن العوامل الوراثية تتحكم فى طول طور السكون والزمن الجيلى وعدد الخلايا الناتجة فى زمن محدد كما يلاحظ وجود اختلافات بين سلالات النوع الواحد فى هذه الصفات. ولما كانت هذه الصفات تتحدد وراثياً فإن التغيير فيها يكون نادراً ولا يحدث إلا كنتيجة لحدوث طفرة.

ونتيجة لهذه الاختلافات فى معدل نمو الأحياء الدقيقة فإن ذلك يؤدى إلى سيادة أنواع معينة تحت ظروف بيئية محددة. فمثلاً فى معظم الأغذية الرطبة moist foods نجد سيادة للبكتريا (معدل نمو مرتفع) بالمقارنة بالخمائر والأعفان وذلك على الرغم من قدرة هذه الخمائر والأعفان على النمو جيداً فى مثل هذه الأغذية فى حالة تواجدها فى صورة نقية (كما أوضحت الدراسات باستخدام المزارع النقية).

13 - 5 - 4 - 2 التفاعلات المتبادلة بين الأحياء الدقيقة المختلطة

تتفاعل الأحياء الدقيقة بطريقة مستمرة طالما كانت نشطة ميتابولزمياً، لذلك فإن سيادة أحياء دقيقة معينة للفلورا الميكروبية تكون عملية متحركة «ديناميكية» dynamic process. وهذه التفاعلات قد تكون تعاونية synergistic أو تضادية antagonistic طبقاً لطبيعة تأثيرها على النمو بالتشجيع أو التثبيط على الترتيب.

أولاً : علاقة التكافل بين الأحياء الدقيقة Symbiosis

تحدث علاقة التكافل بين مجموعات من الأحياء الدقيقة عندما يسبب أحد الأحياء الدقيقة تغييراً فى ظروف النمو تكون مفضلة لنمو كائن آخر أو مجموعة من الكائنات الأخرى وأهم طرق حدوث هذه التغييرات ما يلى :

1- توفير المغذيات Availability of nutrients

حيث يقوم أحد الكائنات الحية الدقيقة بإنتاج ناتج ميتابولزمى – لم يكن متوفراً من قبل – ليستهلك بواسطة كائن آخر. فمثلاً تقوم الأعفان بتحليل السكاكر العديدة مثل النشا والسليلوز تحللاً مائياً وتوفر السكاكر الأحادية والثنائية اللازمة لنمو الخمائر، أو قيام الخمائر بإنتاج فيتامينات ب اللازمة لنمو بكتريا حامض اللاكتيك ، أو قيام *Pseudomonas aeruginosa* بتوفير التريبتوفان والثيمين thymine اللازم لنمو *Staphylococcus aureus* .

2- تغيير فى قيمة الأس الهيدروجينى (pH)

يمكن أن تنخفض قيمة الأس الهيدروجينى نتيجة إنتاج أحماض بواسطة الأحياء الدقيقة أو تزداد نتيجة عملية تحلل للبروتين. كما أن كثيراً من الخمائر والأعفان وقليلاً من البكتريا يمكنها استهلاك الأحماض الموجودة طبيعياً (كما فى الفاكهة) أو المضافة (كما فى المخللات) وهذا يؤدى لارتفاع قيمة الأس الهيدروجينى مما يسمح بنمو البكتريا متوسطة المقاومة للأحماض وتحدث فساداً للغذاء.

3- تغيير فى قيمة نشاط الماء (A_w)

عادة ما تتضمن التفاعلات الأيضية (الميتابولزمية) للأحياء الدقيقة انطلاق الماء ونتيجة لذلك تزداد قيمة نشاط الماء للغذاء. فمثلاً نتيجة لنمو الأعفان المحبة للجفاف xerophilic moulds على الأغذية الجافة تنمو كائنات أخرى أقل مقاومة للجفاف وتلعب دورها فى فساد هذه الأغذية. كذلك يمكن للأحياء الدقيقة متوسطة المقاومة للضغط الإسموزى العالى أن تنمو على الأغذية التى تحتوى تركيزاً عالياً من السكر وذلك بعد خفض تركيز السكر نتيجة لنمو الخمائر المحبة للضغط الإسموزى العالى أولاً فى هذا الغذاء.

4- تغيير فى جهد الأكسدة والاختزال

يمكن أن يحدث تغيير فى جهد الأكسدة والاختزال لغذاء ما نتيجة لنمو أحياء دقيقة معينة فمثلاً يمكن للبكتريا *Clostridium perfringens* أن تخفض جهد الأكسدة والاختزال فى أنسجة اللحم المذبوح حديثاً إذا كانت درجة الحرارة دافئة وبالتالى تسمح بنمو الأحياء الدقيقة اللاهوائية إجباراً.

5- إزالة تأثير مثبط

تقوم بعض الأحياء الدقيقة باستهلاك وتكسير مواد مثبطة لأحياء دقيقة أخرى وبالتالى يمكن للأخيرة أن تنمو وتشارك فى فساد الغذاء والأمثلة على ذلك كثيرة فبعض الأعفان يمكنها تكسير المواد الحافظة مثل حامض البنزويك والسوربيك وبعض الخمائر تستهلك النيتريت وبعض البكتريا تكسر المواد الفينولية الناتجة من عملية تدخين بعض الأغذية . وبعض أفراد من *Lactobacillaceae , Bacillaceae* تكسر المضاد الحيوى نيسين nisin المنتج بواسطة أنواع معينة من streptococci وبالتالى تعطى فرصة لنمو الأحياء الدقيقة الحساسة لهذا المضاد الحيوى.

6 – إنهيار التراكيب البيولوجية Collapse of biological structures

نجد أن تحلل الأغلفة الواقية والمكونة من بوليمرات polymers فى الأغذية النباتية والحيوانية بواسطة أحياء دقيقة معينة يتيح الفرصة لأحياء دقيقة أخرى (غير قادرة على اختراق المادة الغذائية فى وجود هذه الأغلفة) من مهاجمة هذا الغذاء . فمثلاً نجد أن الأعفان يمكنها تكسير الكيوتيكل المحيط بالفاكهة ومن ثم تتيح الفرصة لدخول الخمائر إلى الفاكهة. والجدير بالذكر أن نمو الخمائر فى الفاكهة يرفع قيمة الأس الهيدروجينى مما يتيح الفرصة للأحياء الدقيقة الأقل مقاومة للحموضة فى المشاركة فى فساد الفاكهة.

ثانياً : علاقات التضاد بين الأحياء الدقيقة Antagonism

تشمل علاقات التضاد بين الكائنات الحية على علاقتى الافتراس predation والتطفل parasitism وهذه علاقات مباشرة بين الكائنات وبعضها كما تشمل علاقة التنافس competition على المكان والمغذيات. تحتل علاقة التنافس الأهمية الأولى بين الأحياء الدقيقة ونجد أن علاقة التطفل تحدث فى حدود ضيقة.

1- التنافس Competition

تتم علاقة التنافس بين الأحياء الدقيقة بعدة طرق تشابه تلك الطرق التى تتم بها علاقة التكافل كما يلى :

أ - التنافس على المغذيات المتاحة

حيث يقوم أحد الأحياء الدقيقة باستنفاذ مغذيات من بيئة النمو (الغذاء) وبالتالى يثبط نمو أحياء دقيقة أخرى وهذا قد يرجع لاختلاف معدلات نمو الأحياء الدقيقة أو اختلاف فى نشاطها الأيضى (الميتابولزمى). فمثلا نلاحظ أنه على الرغم من تواجد *Staphylococcus aureus* غالباً فى اللحم المفروم غير المصنع فإنه لم يسجل أى وجود للذيفانات toxins المفرزة بواسطة هذه البكتريا فى اللحم المفروم غير المصنع وذلك يرجع لوجود بكتريا أخرى (*Pseudomonas – Moraxella – Acinetobacter*) فى هذا اللحم ولها معدل نمو يفوق نظيره لبكتريا *S. aureus*.

ب- تغيير قيمة الأس الهدروجينى (pH)

تقوم بعض الأحياء الدقيقة بإنتاج أحماض كما فى حالة إنتاج أحماض بواسطة بكتريا حامض اللاكتيك فى السجق أو المخللات وهذا يؤدى إلى تثبيط البكتريا العصوية السالبة لصبغة جرام والتى كانت سائدة فى هذه المنتجات قبل نشاط بكتريا حامض اللاكتيك. وحتى داخل أفراد *Lactobacillaceae* نلاحظ ظاهرة التضاد أيضاً فنجد أن الجنس *Leuconostoc* والذى يتميز بمعدل نمو سريع يسود فى بعض الأغذية ثم تتغير السيادة تدريجياً لصالح أفراد *Lactobacillus* الأكثر تحملاً للحموضة more aciduric من أفراد *Leuconostoc*.

جـ - تغيير جهد الأكسدة والاختزال

تقوم الأحياء الدقيقة اللاهوائية بخفض جهد الأكسدة والاختزال للغذاء – وفى بعض الأحيان – لدرجة تثبط نمو الأحياء الدقيقة الهوائية.

د – تكوين مواد مضادة للأحياء الدقيقة

formation of antimicrobial substances

تنتج الكثير من الأحياء الدقيقة نواتج أيضية (ميتابولزمية) لها نشاط مضاد لأحياء دقيقة أخرى. بعض هذه النواتج يكون له تركيب كيماوى بسيط وذلك مثل أيونات H^+، البيروكسيدات، CO_2 ، الإيثانول ، الأحماض العضوية (حامض الخليك – حامض البروبيونيك – حامض البيوتيريك – حامض اللاكتيك) حيث تنتج بواسطة أنواع مختلفة من الأحياء الدقيقة ويكون لها تأثير مثبط على العديد من الأحياء الدقيقة المعروفة كمسببات فساد شائعة فى الأغذية.

بعض الأحياء الدقيقة تنتج مضادات حيوية antibiotics وهذه تلعب دورها فى تثبيط أحياء دقيقة أخرى وذلك مثل نيسين nisin ، ناتاميسين natamycin (لهما تطبيقات فى مجال الأغذية) . وهناك مركبات تعرف باسم بكتريوسينات bacteriocins تنتج بواسطة أنواع مختلفة من البكتريا، وعلى الرغم من اعتبارها مضادات حيوية إلا أنها تختلف عن المضادات الحيوية التقليدية فى أنها جزيئات كبيرة تحتوى أو تتكون من عديد الببتيد أو البروتين وتكون مثبطة لسلالات لنفس النوع أو لسلالات تابعة لأنواع تربطها علاقة قريبة closely related species . وأهم هذه المركبات مركبات الكولسين Colicins حيث وجدت فى البكتريا *E. coli* وبعض أفراد *Enterobacteriaceae* . وقد وجد أن البكتريوسينات المنتجة بواسطة البكتريا الموجبة لصبغة جرام لها مدى (طيف) نشاط أوسع wider spectrum activity من ذلك المنتج بواسطة البكتريا السالبة لصبغة جرام.

2 – علاقة التطفل بين الأحياء الدقيقة Parasitism

يوجد طفيلان parasites يتطفلان على البكتريا وهما فيروسات البكتريا المعروفة باسم بكتريوفاجات bacteriophages والجنس البكتيرى *Bdellovibrio*.

ونجد أن بعض الفيروسات البكتيرية يكون عائلها محدوداً فى عدد معين من الأنواع البكتيرية، بينما البعض الآخر يشمل عائلها عديداً من الأنواع البكترية أو قد يضم أجناساً مختلفة من البكتريا. يشابه الجنس *Bdellovibrio* الفيروسات البكتيرية الممرضة virulent bacteriophages فى قدرته على تحليل الخلايا البكتيرية. وتتميز أفراد هذا الجنس بأنها

حلزونية الشكل سالبة لصبغة جرام صغيرة (يبلغ عرضها 0.25 - 0.4 ميكرومتر وطولها 0.8 - 1.2 ميكرومتر) متحركة (لها سوط واحد). تكون مستعمرات (بليك)plaques مرئية فى فترة أطول (2 - 4 يوم وقد تصل إلى 6 أيام من التحضين) من الفيروسات البكتيرية (12 - 24 ساعة) . والمقصود بالبليك plaques منطقة شفافة فى وسط النمو البكتيرى تدل على تحلل خلايا البكتريا.

ولا شك أن تحلل lysis الخلية البكتيرية بواسطة هذه الطفيليات يعتبر نوعاً من التضاد ولكن الأهمية العملية لتأثير هذه الظاهرة يعتبر محدوداً للغاية.

13 - 5 - 5 التأثيرات المشتركة للعوامل المؤثرة على نمو الأحياء الدقيقة

نادراً ما يؤثر عامل واحد فقط على نمو الأحياء الدقيقة فى الغذاء، لذلك نجد أن اشتراك العوامل المؤثرة فى تأثيرها أو التفاعل بين تأثير هذه العوامل له أهمية كبيرة فى الأغذية، حيث نجد أن شدة نمو الميكروبات المسببة للفساد أو المسببة للأمراض ما هى إلا نتيجة للتأثير المشترك والمتداخل للعوامل المؤثرة على النمو (العوامل الداخلية – العوامل الخارجية – تأثير التصنيع – العوامل البيولوجية) والتى يتوقف بعضها على بعض . فإذا أخذنا تأثير العوامل الثلاثة : نشاط الماء ودرجة الحرارة وقيمة الأس الهيدروجينى على نمو الميكروبات المسببة للتسمم الغذائى، نجد أن هذه الكائنات يمكنها النمو فى أوسع مدى لأحد العوامل إذا كان العاملان الأخران عند الحد الأمثل أما إذا كان هذان العاملان يبعدان عن الحد الأمثل لنموها فإن النمو يحدث فى مدى ضيق لنفس العامل، فمثلاً نجد أن*Clostridium botulinum* type A يمكنها أن تنمو عند $A_w = 0.94$ إذا كانت درجة الحرارة 37°م ، قيمة الأس الهيدروجينى =7 أما إذا تغير الأخير ليصبح 5.3 فإن نشاط الماء المحدد للنمو يكون 0.99.

وبصفة عامة يمكن القول بأن التأثيرات غير المناسبة للنمو تتحد لتسبب تثبيطاً لهذا النمو، فحفظ بعض منتجات اللحوم باستخدام التأثير المشترك للملح (انخفاض A_w) وقيمة الأس الهيدروجينى وتركيز النيتريت بالإضافة إلى المعاملة الحرارية المتوسطة يعد مثالاً على التأثير التثبيطى المشترك لهذه العوامل على الأحياء الدقيقة. ويبين الجدول رقم 13 - 6 العوامل التى تشارك فى الحد من النمو الميكروبى فى بعض الأغذية.

جدول رقم 13 - 6 : العوامل المشاركة فى حفظ بعض الأغذية ذات الرطوبة المتوسطة

المنتــج	العوامل المشاركة فى التأثير على النمو الميكروبى
السريات	نشاط الماء – قيمة الأس الهيدروجينى – مواد حافظة (حامض سوربيك)– معاملة حرارية.
لحــــوم	نشاط الماء – قيمة الأس الهيدروجينى – جهد الأكسدة والاختـزال – مواد حافظة (نيتريت) – علاقة التنافس بين الأحياء الدقيقة – درجة حرارة التخزين.
كيـــك	نشاط الماء – مواد حافظة – معاملة حرارية – درجة حرارة التخزين.
فاكهة مجففة	نشاط الماء – قيمة الأس الهيدروجينى – مواد حافظة – معاملة حرارية.
أغذية مجمدة	نشاط الماء – درجة حرارة التخزين.

المصدر : (Sinell), In : ICMSF (1980 a).

والجدير بالذكر أن التعامل مع هذه العوامل المؤثرة بمهارة بواسطة المشتغلين فى مجال الأغذية سوف يؤدى لتقديم أغذية للمستهلك أكثر ثباتاً وأمناً وطزاجة وذات قيمة تغذوية عالية.

13 - 6 فساد الأغذية

يعتبر فساد الأغذية هو السبب الرئيسى لفقدها حيث أن كثيراً من الأغذية لا تصل إلى المستهلك بسبب فسادها أو تفسد أو تصبح غير آمنة بعد شرائها وبالتالى فإن الفساد يعتبر مشكلة لكل من المنتج والصانع والمستهلك.

وعلى الرغم من اعتقاد الكثيرين بمعرفتهم بتعريف الفساد إلا أن لفظة فساد الأغذية غالباً ما تعكس صور مختلفة لأفراد مختلفين. وعموماً يعرف فساد الأغذية بمعناه العريض بأنه أى تغير فى الغذاء يجعله غير مقبول بواسطة المستهلك وعادة ما تكون هذه التغيرات عبارة عن عيوب واضحة فى الخواص الحسية للغذاء مثل اللون والنكهة والمظهر (الفساد الحقيقى أو المثالى) . وفى حالات أخرى يكون من الصعب الكشف عن هذه التغيرات كما فى

حالة تواجد أحياء دقيقة ضارة بالصحة أو في حالة حدوث فقد في القيمة التغذوية للغذاء.

وأسباب فساد الأغذية متعددة وقد تكون أسباباً داخلية أو خارجية بمعنى أن سبب الفساد قد يأتي من مصدر داخل الغذاء نفسه أو من مصدر خارجي. وبصفة عامة يوجد ثلاثة أسباب لفساد الأغذية وهي نمو الأحياء الدقيقة – تدهور فسيولوجي أو كيموحيوى – تلف فيزيقي. وطبعاً فإن الأهمية النسبية لأى من هذه الأسباب تختلف حسب نوع الغذاء وعلى الرغم من ذلك فإنه في كثير من الأغذية يحدث الفساد نتيجة لاشتراك أكثر من سبب من هذه الأسباب معاً.

تقسم الأغذية على حسب قابليتها للفساد إلى ثلاث مجموعات، الأولى تسمى بالأغذية سريعة القابلية للفساد perishable foods وهذه المجموعة تضم أهم الأغذية المتداولة يومياً – والتى تفسد ما لم يتم حفظها بإحدى طرق الحفظ المختلفة – مثل اللحم والسمك والدواجن ومعظم الفاكهة والخضروات واللبن. والمجموعة الثانية تسمى بالأغذية متوسطة القابلية للفساد semiperishable foods وهي الأغذية التى إذا تم تداولها وتخزينها بطريقة جيدة لا تفسد لفترة طويلة نسبياً مثل درنات البطاطس والمكسرات وبعض أصناف التفاح. المجموعة الثالثة وتسمى بالأغذية عديمة القابلية للفساد أو الأغذية الثابتة stable or nonperishable foods وهي الأغذية التى لا تفسد إلا إذا تم تداولها بطريقة سيئة وعدم عناية مثل السكر والملح والبقول الجافة.

13 - 6 - 1 فساد الأغذية بواسطة الأحياء الدقيقة

تعتبر الكائنات الحية الدقيقة سبباً رئيسياً في فساد الأغذية، والكائنات الحية الدقيقة جزء طبيعي من البيئة التى نعيش فيها وتتواجد غالباً في كل مكان على الأرض بما في ذلك الأغذية (تلوث الأغذية من المصادر الطبيعية). ولكن ليست كل الأحياء الدقيقة الموجودة على الأغذية سوف تسبب فسادها، فمعظم الأحياء الدقيقة الموجودة في الأغذية غير ضارة وتكون محمولة فقط بواسطة الغذاء hitchhikers . ولكن توجد أنواع قليلة من الأحياء الدقيقة تكون هي السبب في فساد معظم الأغذية وتسمى هذه الكائنات بالكائنات المسببة للفساد الحقيقى أو المثالى true spoilage organisms وهذه الكائنات لها قدرة على عمل تحلل وتدهور الغذاء حيث تظهر في صورة تغيرات تربطها بالفساد (التغيرات الحسية في اللون

والنكهة والمظهر) . والجدير بالذكر أن مثل هذه التغيرات غير المرغوبة تكون بمثابة إنذار للمستهلك بأن هذا الغذاء قد لا يكون آمناً للإستهلاك . وسوف نلقى الضوء على هذا النوع من الفساد فى هذا الباب.

كما توجد كائنات حية دقيقة تسبب أمراضاً للإنسان والحيوان يطلق عليها اسم الأحياء الدقيقة الممرضة pathogens وهذه الكائنات الممرضة تعتبر من أقل الأحياء الدقيقة شيوعاً كمسبب لفساد الأغذية ولكن نظراً للنتائج الخطيرة المترتبة على تواجدها فى الأغذية (حدوث أمراض لمن يتناولها) فإن ذلك جعلها ذات أهمية بالغة سواء لصانع الأغذية أو المستهلك. والجدير بالذكر أن هذه الكائنات الممرضة تنمو فى الأغذية لمستوى يسبب خطورة على صحة الإنسان دون أن تؤثر على الخواص الحسية للأغذية. وسوف نفرد لها باباً خاصاً من أبواب هذا الكتاب (التسمم الغذائى البكتيرى والفطرى – الباب رقم 14).

وهناك بعض الأحياء الدقيقة غير الممرضة والمسببة للفساد يمكنها أن تحدث (مرضا) تسمماً غذائياً والمثال على ذلك التسمم الغذائى المعروف باسم التسمم الغذائى الإسقمرى Scombroid food poisoning (نسبة إلى فصيلة الأسماك المعروفة باسم الإسقمريات) وهذا التسمم يعتبر مشكلة فى الأسماك مثل التونة والماكريل فهذه الأسماك يحدث لها فساد بواسطة البكتريا ينتج عنه تحلل البروتينات وتجمع الهستامين فى أنسجة السمك، والمستهلك الذى يتناول هذا السمك تظهر عليه أعراض تفاعلات الحساسية الشديدة.

الأحياء الدقيقة المسببة للفساد الحقيقى أو المثالى true spoilage organisms

يتوقف عدد ونوع الأحياء الدقيقة فى الأغذية بدرجة كبيرة على نوع المنتج الغذائى وطرق تصنيعه وظروف تخزينه، فمثلاً الأغذية الخام تختلف تماماً عن تلك المصنعة فى عدد ونوع الأحياء الدقيقة المتواجدة عليها أو فيها كما أن لها مجموعة من المشاكل الخاصة بها من حيث الفساد، وبصفة عامة يمكن القول بأن الأغذية الخام لها كائنات حية دقيقة غير متجانسة بينما الأغذية المصنعة عادة تحتوى الأحياء الدقيقة التى أمكنها أن تقاوم طريقة تصنيع ثم ظروف تخزين الغذاء.

والجدير بالذكر أن مجرد تلوث الأغذية الخام بالأحياء الدقيقة من مصادر التلوث

الطبيعية أو بقاء أحياء دقيقة قاومت طرق التصنيع المختلفة وذلك بالنسبة للأغذية المصنعة، كل ذلك لا يعنى فساد الغذاء ، بل يكمن الخطر فى نمو وتكاثر الميكروبات فى الغذاء نفسه وبالتالى يحدث الفساد.

ومن المشاهدات العملية نجد أن كل غذاء من الأغذية المختلفة يفسد نتيجة الأنشطة الكيموحيوية لأحياء دقيقة معينة تختلف عن تلك المسببة لفساد غذاء آخر، فاللحوم المبردة تفسد نتيجة نمو وتكاثر البكتريا السيكروتروفيه psychrotrophes العصوية السالبة لصبغة جرام وبالتالى تؤدى لتكوين مواد لزجة على سطح اللحوم بينما اللحوم المنضجة cured يظهر الفساد فيها فى صورة تغير طعمها إلى الطعم الحامضى نتيجة نمو وتكاثر البكتريا micrococci ، lactobacilli، microbacteria وتفسد عصائر الفاكهة نتيجة التخمر بواسطة الخمائر بينما يرجع فساد الخضروات لإجتياح البكتريا السالبة لصبغة جرام مكونة تلف الأنسجة «التعفن» rots بينما تفسد كل من الفاكهة المجففة والحبوب والبقول بواسطة الأعفان.

معنى ذلك أن الأحياء الدقيقة المسببة لفساد نوع معين من الغذاء هى تلك الأحياء الدقيقة التى أمكنها النمو والتكاثر فى هذ الغذاء تحت ظروف تخزينه (أى أن العوامل المؤثرة على نمو الأحياء الدقيقة فى هذا الغذاء ملائمة لنموها) وبالتالى يكون لها السيادة فى هذا الوسط وتسبب فساد هذا الغذاء. وهذه الأحياء الدقيقة التى تسبب فساد الأغذية تسمى مسببات الفساد الحقيقى أو المثالى.

أولاً : تأثير الكائنات المسببة للفساد الحقيقى على مكونات الغذاء

إن فساد غذاء الإنسان ليس هدفاً فى حد ذاته للأحياء الدقيقة ولكنها ببساطة تحاول أن تحيا مثل أى مخلوق فهى مثل باقى الأحياء تحتاج المغذيات والماء والمعادن لتحيا وتنمو وتتكاثر لذا فأنها تحلل مكونات الأغذية للحصول على هذه الاحتياجات.

1 - إنحلال المواد الكربوهيدراتية

نجد أن معظم الكربوهيدرات المتواجدة طبيعياً فى الأغذية تكون فى صورة سكاكر ثنائية (مثل السكروز والمالتوز واللاكتوز) أو سكاكر عديدة (البكتين والسليلوز والنشا ..) مع

وجود بعض السكاكر الأحادية الحرة (جلوكوز وفركتوز وجالاكتوز) . ولكى تستفيد الأحياء الدقيقة من المواد الكربوهيدراتية فلابد أن تحلل الكربوهيدرات المعقدة أولاً إلى مكوناتها من السكاكر الأحادية وذلك بواسطة النظم الإنزيمية المتاحة لكل كائن حى دقيق. ونجد أن إنحلال البكتين له أهمية كبيرة فى فساد الأنسجة النباتية حيث تقوم الأحياء الدقيقة التى لها قدرة على إنتاج الإنزيمات المحللة للبكتين pectolytic enzymes بتكسير الروابط الجليكوسيدية ونتيجة لذلك تحدث طراوه فى الأنسجة النباتية تعرف باسم داء تلف الأنسجة الطرى أو التعفن الطرى soft rot ثم يأتى إنحلال السليلوز فى المرتبة الثانية كمسبب لفساد الأنسجة النباتية.

بعد تكسير السكاكر المعقدة إلى مكوناتها من سكاكر أحادية تقوم الأحياء الدقيقة باستهلاك هذه السكاكر الأحادية، ويعتبر الجلوكوز أهم الكربوهيدرات التى تستخدم بواسطة الأحياء الدقيقة كمصدر للكربون والطاقة. ويتم تكسير السكاكر الأحادية عن طريق عدة مسارات أيضية (ميتابولزمية)، وبناءً على المسار الميتابولزمى المتاح للكائن وأيضاً الظروف البيئية المحيطة تختلف النواتج الميتابولزمية الناتجة من تكسير السكاكر الأحادية وهى تشمل أحماضاً عضوية، كحولات، CO_2، H_2، H_2O، ويوضح جدول رقم 13 - 7 بعض النواتج الميتابولزمية لتكسير الكربوهيدرات بواسطة أحياء دقيقة مختلفة.

2 – إنحلال الليبيدات

تعتبر الدهون أهم الليبيدات الموجودة فى الأغذية وهى عبارة عن ثلاثى أسيل جليسرول (جلسريدات ثلاثية)، وكثير من الأغذية تحتوى على دهون وهذه تكون عرضة للتحلل المائى أو الأكسدة وبعض العمليات الأخرى التى ينتج عنها تغيرات فى نكهة الغذاء. ويطلق لفظة تزنخ rancidity على عملية تدهور deterioration الدهن. وانطلاق الأحماض الدهنية من الدهن يطلق عليه التزنخ التحللى hydrolytic rancidity أما التدهور التأكسدى فيسمى التزنخ التأكسدى oxidative rancidity وأكسدة الدهون غالباً ما تكون راجعة لإنزيمات الأنسجة tissue enzymes أو التأكسد الذاتى autoxidation أكثر من كونها راجعة لنشاط الأحياء الدقيقة. ونجد أن التغيرات الرئيسية فى نكهة الأغذية نتيجة تزنخ الدهون ترجع بصفة رئيسية لعمليات الأكسدة وليس لعمليات التحلل وذلك باستثناء إنطلاق

جدول رقم 13 - 7 : النواتج الميتابولزمية لتكسير السكاكر الأحادية

بواسطة أحياء دقيقة مختلفة

الاسم العلمى للكائن الحى الدقيق	النواتـــــج الرئيســـية
Leuconostoc mesenteroides	حامض لاكتيك – كحول إيثايل – CO_2
Saccharomyces	كحول إيثايل – CO_2
Clostridium botulinum	حامض خليك – حامض بيوتيريك – حامض بروبيونيك – حامض أيزوبيوتيريك – حامض أيزوفاليرك – كحول بروبايل – كحول أيزوبيوتيل – كحول بيوتيل – كحول أيزوأميل
Propionibacterium	حامض بروبيونيك – حامض خليك – حامض أيزوفاليريك – حامض فورميك – حامض سكسينيك – حامض لاكتيك – CO_2
Escherichia coli	حامض لاكتيك – حامض خليك – حامض فورميك – CO_2 – H_2
Bacillus cereus	أسيتوين acetoin – جليســـرول – 3,2 بيـــوتان داى اول butanediol – حامض لاكتيك – حامض سكسينيك – حامض فورميك – حامض خليك – CO_2

المصدر : Banwart (1989).

الأحماض الدهنية المتطايرة (نتيجة التزنخ التحللى). كما أن التزنخ التحللى له أهمية خاصة عند انطلاق أحماض دهنية قصيرة السلسلة ذائبة فى الماء (أحماض: بيوتيريك – كابرويك – كابريليك) حيث تسبب نكهة متزنخة كريهة فى اللبن.

والجدير بالذكر أن الدهن النقى لا يهاجم بواسطة الأحياء الدقيقة وذلك لضرورة وجود المغذيات اللازمة للأحياء الدقيقة ذائبة فى وسط مائى .. ولكن معظم الأغذية الدهنية (زبد – قشدة – مارجرين) بها وسط مائى مرتبط بالدهن . ويوضح جدول رقم 13 - 8 أهم الأجناس التى بها أنواع وسلالات محللة للدهن.

جدول رقم 13 - 8 : أهم الأجناس التى بها أنواع وسلالات محللة للدهن

البكتـــــريا	الفطـــــريات
Acinetobacter	*Absidia*
Aeromonas	*Alternaria*
Alcaligenes	*Aspergillus*
Bacillus	*Candida*
Chromobacterium	*Cladosporium*
Corynebacterium	*Endomyces*
Enterobacter	*Fusarium*
Flavobacterium	*Geotrichum*
Lactobacillus	*Mucor*
Micrococcus	*Neurospora*
Pseudomonas	*Penicillium*
Serratia	*Rhizopus*
Staphylococcus	*Torulopsis*
Streptomyces	

المصدر : Banwart (1989) .

3 - إنحلال البروتينـــات

تقاوم البروتينات الأصلية الطبيعية native proteins مهاجمة الأحياء الدقيقة لها ولذلك تقوم الأحياء الدقيقة باستخدام مركبات لها وزن جزيئى صغير مثل الببتيدات الثنائية والأحماض الأمينية الحرة الموجودة فى أنسجة الأغذية البروتينية مثل اللحم والدجاج والسمك ونجد أن معظم الأغذية البروتينية يحدث لها فساد قبل تكسر أى كمية جوهرية من البروتين ولكن فى مراحل الفساد المتقدمة يتحلل بعض البروتين بواسطة الإنزيمات المحللة للبروتين سواء من الأنسجة نفسها أو من الأحياء الدقيقة.

أما تكسر الأحماض الأمينية فيعتبر شيئاً أساسياً فى فساد الأغذية البروتينية والنواتج التى تتكون نتيجة هدم الأحماض الأمينية تعتمد على عدة عوامل أهمها : نوع الكائن الحى الدقيق – نوع الحامض الأمينى – درجة الحرارة المخزن عليها الغذاء – كمية الأكسجين المتاحة – نوع المثبطات (إن وجدت).

وطبعاً يوجد العديد من الأحماض الأمينية وبالتالى نتوقع وجود العديد من النواتج. والنواتج التى تتكون تحت ظروف لاهوائية تكون لها رائحة كريهة عفنة وهذا النوع من الهدم يطلق عليه تعفن putrefaction أما الهدم الذى يحدث تحت ظروف هوائية فيسمى تحلل أو اضمحلال decay.

تشمل نواتج هدم الأحماض الأمينية بواسطة الأحياء الدقيقة العديد من المركبات التى تحدث تغيرات فى نكهة الأغذية أهمها: CO_2 ، H_2 ، NH_3 ، H_2S ، أحماض عضوية وكحولات وأمينات ومركبتانات mercaptans. والجدير بالذكر أنه يحدث ارتفاع فى قيمة الأس الهيدروجنى (pH)للأغذية البروتينية نتيجة لإنتاج الأمونيا والأمينات ويؤخذ هذا الارتفاع فى قيمة الأس الهيدروجينى كمؤشر لهدم البروتين.

4 – أنماط أخرى من تدهور الأغذية تسببها الأحياء الدقيقة

بالإضافة للتغيرات الناتجة من إنحلال الكربوهيدرات والدهون والبروتينات (طراوة الأنسجة وتغيير نكهة الغذاء) فإن الأحياء الدقيقة يمكنها عمل تغيرات أخرى غير مرغوبة فى الأغذية وذلك عن طريق تغيير مظهر الغذاء نتيجة لنمو بكتريا ملونة أو ظهور ميسليوم الأعفان على سطح الغذاء كما يمكن للأحياء الدقيقة أن تحدث تغييرا فى لون صبغات الغذاء (كلوروفيل وكاروتين مثلاً) . كما تقوم الأحياء الدقيقة بتكوين دكسترانات dextrans أو ليفانات levans من السكاكر الد ائية الموجودة فى الغذاء وتظهر فى صورة مواد لزجة على سطح الأغذية مثل اللحم والدجاج والسمك أو فى صورة تحبل ropines فى أغذية مثل اللبن والخبز، كما قد تتواجد الدكسترانات فى صورة كتل كروية أثناء تصنيع سكر القصب والبنجر فتزيد لزوجة المحاليل السكرية وتعيق عملية الترشيح والبلورة.

ثانيا : أمثلة للعيوب الشائعة التى تسببها الأحياء الدقيقة فى بعض الأغذية:

كما ذكرنا ؛ فإن فساد الأغذية الميكروبى لا يتحقق إلا بوجود أعداد هائلة من الأحياء الدقيقة فى الغذاء وأن الأحياء الدقيقة المسببة لفساد غذاء معين هى تلك القادرة على النمو ويكون لها السيادة تحت الظروف المحيطة بهذا الغذاء (العوامل المؤثرة على نمو الميكروبات) وفيما يلى أمثلة لبعض العيوب التى تسببها الأحياء الدقيقة فى أغذية معينة.

1 - الفاكهة والخضروات الطازجة

هذه المنتجات رطبة للغاية وبالتالى تكون شديدة التعرض للفساد بواسطة الأحياء الدقيقة ومع ذلك نجد أن كلا من النوعين يختلفان اختلافا جوهريا عن الآخر فالفاكهة عادة حامضية وتحتوى تركيزاً أعلى من السكاكر بينما الخضروات لها قيمة أس هيدروجينى (pH) متعادل وتحتوى كمية أقل من السكاكر . وبالتالى فإن نوع الكائنات الحية الدقيقة المسؤولة عن فساد الفاكهة تختلف عن تلك المسببة لفساد الخضروات، فحموضة الفاكهة تجعلها أكثر مقاومة لنمو البكتريا – باستثناء البكتريا المقاومة للحموضة (*Leuconostoc –Lactobacillus*) – ولكن هذه الظروف تساند نمو الأعفان والخمائر. ويظهر فساد الفاكهة بواسطة الأعفان فى صورة مناطق تالفة (أو عفنة rotted) عليها نمو واضح من الميسليوم والسبب فى وجود داء تلف الأنسجة (التعفن) rotting هو إنتاج إنزيمات محللة للبكتين وتسبب طراوة النسيج . وأهم الأعفان المسببة لفساد الفاكهة تتبع الأجناس *Rhizopus – Penicillium – Byssochlamys – Alternaria*. وتسبب الخميرة عادة فسادا ثانويا secondary spoilage حالما سببت الأعفان الفساد الأولى primary spoilage أو طالما حدث تلف لسبب آخر لنسيج الثمرة ، مما يتيح للخميرة الدخول للأنسجة والنمو والتكاثر على السكاكر الموجودة داخل النسيج النباتى . وأهم الخمائر المشاركة فى فساد الفاكهة أنواع تابعة للأجناس *Debaryomyces – Candida Saccharomyces – Pichia – Kloeckera – Hansenula – Hanseniaspora – Torulopsis* – . ويبين الجدول رقم 13 - 9 أهم العيوب فى بعض الفاكهة ومنتجاتها.

جدول رقم 13 - 9 : بعض العيوب التى تسببها الأحياء الدقيقة فى الفاكهة ومنتجاتها

المادة الغذائية	العيـــــب	الأسم العلمى للكائن المسبب للعيب
الفاكهة الطازجة	داء تلف الأنسجة (تعفن) بواسطة العفن الأزرق	*Penicillium expansum*
(عموما)	داء تلف الأنسجة (تعفن) بواسطة العفن الأسود	*Aspergillus niger*
	داء تلف الأنسجة (التعفن) الطرى soft rot	*Byssochlamys fulva, Penicillium*
	داء تلف الأنسجة (تعفن) بواسطة العفن الأخضر	*Penicillium digitatum*
التفاح	تخمر	*Torulopsis, Candida, Pichia*
الموز	التعفن الأسود black rot	*Alternaria*
الفراولة	تخمر	*Kloeckera*
	التعفن الطرى soft rot	*Rhizopus*
الموالح	العفن الأخضر green mould	*P. digitatum*
	العفن الأزرق	*P. italicum*
	العفن الأسود	*Alternaria*
البلح	تخمر	*Saccharomyces , Candida*
		Hanseniaspora, Torulopsis
التين	حموضة	*Gluconobacter*
الزيتون	طراوه softening	*Rhodotorula, Saccharomyces,*
		Hansenula
عصائر الفاكهة	حموضة - CO_2	*Lactobacillus* , خمائر
	طعم الخل	*Acetobacter*
	نمو العفن على السطح	*Penicillium*
	عكارة	Nonfermenting yeast خمائر غير مخمرة
	عكارة وكحول	Fermenting yeast خمائر مخمرة
	نكهة الزبد	*Lactobacillus, Leuconostoc*
المربى والجلى	نمو فطرى	*Xeromyces bisporus*
	تخمر	Osmophilic yeasts
		خمائر محبة للضغط الإسموزى العالى

المصدر : مختصر من Banwart (1989) .

أما فساد الخضروات فنجد أن لكل من البكتريا والأعفان دوراً هاماً فى حدوثه، ولما كانت البكتريا تنمو أسرع من الأعفان فبالتالى فهى المسؤولة أكثر عن فساد الخضروات. ونجد أن أعراض فساد الخضروات بالأعفان تشابه نفس أعراض فساد الفاكهة بالأعفان. كما تسبب البكتريا داء تلف الأنسجة (التعفن) الطرى wet or soft rots، ويبدأ التعفن الطرى كمناطق صغيرة غائرة على الخضروات ثم لا تلبث أن تتحول هذه المناطق إلى التعفن الطرى حيث تنتشر لتشمل الخضار كله. وتكون أعراض الفساد هذه نتيجة لفعل الإنزيمات المحللة للبكتين ومن أهم الأجناس البكتيرية المنتجة للإنزيمات المحللة للبكتين والمسببة لفساد الخضروات الأجناس: *Xanthomonas – Pseudomonas – Clostridium –Erwinia*.
أما الأعفان الهامة فى فساد الخضروات فتشمل الأجناس : *Aspergillus – Alternaria* – *Rhizopus –Fusarium* (جدول رقم 13 - 10).

جدول رقم 13 - 10 : بعض العيوب التى تسببها الأحياء الدقيقة فى الخضروات ومنتجاتها

المادة الغذائية	العيـــــــــب	الأسم العلمى للكائن المسبب للعيب
الخضروات الطازجة	داء تلف الأنسجة (التعفن) الطرى	*Erwinia carotovora, Pseudouonas fluorescens*
	داء تلف الأنسجة (التعفن) الطرى الأسود	*Alternaria, Rhizopus nigricans*
	داء تلف الأنسجة (تعفن) بواسطة العفن الأسود	*Aspergillus niger*
	داء تلف الأنسجة (تعفن) بواسطة العفن الأزرق	*Penicillium*
الجــــــزر	داء تلف الأنسجة (التعفن) الطرى	*E. carotovora, Rhizopus stolonifer*
البـــــصل	تعفن الرقبة neck rot	*Botrytis allii*
	داء تلف الأنسجة (التعفن) البنى	*Pseudomones aeruginosa*
	العفن الأسود black mold	*Aspergillus niger*
البطاطس	داء تلف الأنسجة (التعفن) الجاف dry rot	*Fusarium*
الطمــاطم	تخمر	*Candida, Pichia, Hanseniaspora, Kloeckra*
	تعفن فطرى fungal rot	*Alternaria, Aspergillus, Botrytis, Colletotrichum, Monilia, Penicillium, Rhizopus*

تابع جدول رقم 13 - 10 :

المادة الغذائية	العيـــــــــب	الأسم العلمى للكائن المسبب للعيب
الطمـــاطم	بقع أو لطخ بكتيرية bacterial spot	*Xanthomonas*
مخللات	طراوه	*Bacillus*
	إسوداد	*Bacillus*
	نقص الحموضة	خمـــائر
عـصـيـر	حموضة	*Lactobacillus , Acetobacter*
خـضـروات		

المصدر : مختصر من Banwart (1989) .

2 - الحبوب والمكسرات وبعض الأغذية الكربوهيدراتية الأخرى

عادة ما تكون الحبوب والمكسرات جافة قبل تخزينها لذلك تكون مقاومة للفساد بواسطة الأحياء الدقيقة، وعلى الرغم من ذلك فإن الأحياء الدقيقة قد تُفسد هذه الأغذية إذا لم تجفف لدرجة مناسبة أو لم يتم المحافظة على حالتها الجافة وفى هذه الحالة ينتج الفساد بواسطة الأعفان (جدول رقم 13 - 11) لأن هذه الأغذية – فى حالة عدم تجفيفها لدرجة مناسبة – تظل جافة للدرجة التى تمنع نمو البكتريا. وفساد هذه الأغذية يشمل تغيير المظهر نتيجة للنمو الفرائى أو الزغبى furry or fuzzy لميسيليوم العفن ، فقد فى الوزن والمغذيات ، وتكوين سموم فطرية.

أما الخبز فيفسد بواسطة الأعفان وأيضاً بواسطة البكتريا مثل *Bacillus subtilis* وبكتريا حامض اللاكتيك (جدول رقم 13 - 11).

تتميز الأغذية مثل الشيكولاته والعسل والمحاليل السكرية والمياه الغازية بوجود نسبة عالية من السكر بها لذا فإنه إذا تم تداولها بطريقة سيئة فإنها تفسد بواسطة الخمائر المحبة للضغط الإسموزى العالى أو المقاومة للضغط الإسموزى العالى (جدول رقم 13 - 11) .

جدول رقم 13 - 11 : بعض العيوب التى تسببها الأحياء الدقيقة فى الحبوب وبعض الأغذية الكربوهيدراتية الأخرى

المادة الغذائية	العيب	الأسم العلمى للكائن المسبب للعيب
الحبوب	نمو فرائى من العفن	*Penicillium - Aspergillus*
	فساد اللون	*Rhizopus nigricans*
الفول السودانى والمكسرات	نمو فرائى من العفن	*Aspergillus - Penicillium - Fusarium*
الخبز	التحبل	*Bacillus Subtilis*
	العفن الأسود	*Rhizopus nigricans*
	العفن الأزرق	*Penicillium*
	العفن الوردى	*Neurospora*
	طعم حامض	بكتريا حامض اللاكتيك
شيكولاته	تخمر	خمائر مقاومة أو محبة للضغط الإسموزى العالى
عسل	تخمر ونكهة الخميرة	خمائر محبة للضغط الإسموزى العالى *Torulopsis*
مياه غازية	عكارة	خمائر
محاليل سكرية	لزوجة	*Leuconostoc mesenteroides*
	تخمر وطعم الخميرة	خمائر محبة للضغط الإسموزى العالى

المصدر : مختصر من Banwart (1989) .

3 - المنتجات الحيوانية

تعتبر اللحوم والدواجن والأغذية البحرية أغذية قابلة للفساد بدرجة كبيرة very perishable لاحتوائها على جميع المغذيات والرطوبة اللازمة لنمو الأحياء الدقيقة ، لذلك يتم تبريدها وتحفظ إما فى الثلج أو فى الثلاجات ومن ثم تسود فيها البكتريا السيكروتروفيه لتصبح المسبب الرئيسى لفساد هذه الأغذية. وقد وجد أن أفراد الجنس *Pseudomonas* والبكتريا القريبة منها تسبب معظم الفساد فى اللحوم، الدواجن، الأسماك، الجمبرى، البيض. وبالتالى تتشابه أعراض الفساد فى اللحوم والدواجن والأغذية

البحرية لتشمل : رائحة غير مرغوبة – لزوجة السطح – تغير اللون.

تفسد اللحوم المبردة نتيجة لنمو البكتريا *Alcaligenes – Acinetobacter – Pseudomonas* . ويظهر الفساد فى صورة رائحة غير مرغوبة ووجود مواد لزجة على السطح (جدول رقم 13 - 12) . وعند تخزين اللحوم فى الثلاجات قد تفقد رطوبة وبالتالى ينخفض نشاط الماء مما يثبط البكتريا المسببة لفساد اللحوم عادة وإذا انخفض نشاط الماء لأقل من 0.96 تبدأ الأعفان فى النمو لتسبب عيوباً متنوعة فى اللحوم المبردة (جدول رقم 13 - 12) .

ولكن اللحوم المنضجة cured meat والمتخمرة تسود فيها أنواع أخرى من الأحياء الدقيقة المسببة للفساد وذلك يرجع لانخفاض كل من قيمة الأس الهيدروجينى ونشاط الماء بالإضافة لوجود مواد حافظة (نيتريت) وأهم الأحياء الدقيقة المسببة لفساد هذه المنتجات *Lactobacillus, Micrococcus* وبعض الفطريات (جدول رقم 13 - 12) .

جدول رقم 13 - 12 : أهم العيوب التى تسببها الأحياء الدقيقة فى اللحوم ومنتجاتها

المادة الغذائية	العيب	الأسم العلمى للكائن المسبب للعيب
لحوم مبردة	رائحة غير مرغوبة – مواد لزجة–	*Pseudomonas, Aeromonas, Alcaligenes,*
0 - 5°م	فساد اللون.	*Acinetobacter, Microbacterium , Proteus,*
(32-41°ف)		*Flavobacterium , Altermonas, Saccharomyces*
	نمو العفن	*Penicillium*
	بقع سوداء	*Cladosporium*
	بقع بيضاء	*Sporotrichum*
السجق	مواد لزجة على السطح	*Micrococcus* , خمائر
	تغير اللون إلى الأخضر	*Lactobacillus viridescens , Leuconostoc*
السجق	مواد لزجة	خمائر
المتخمر	بقع فطرية	أعفان

المصدر : مختصر من Banwart (1989) .

أهم مظاهر فساد الدواجن هى الرائحة غير المرغوبة وتكوين مواد لزجة وكما هو الحال فى اللحوم فإن الجنس *Pseudomonas* يعتبر المسبب الرئيسى للفساد بالإضافة لبعض الأجناس الأخرى مثل *Alcaligenes - Acinetobacter* (جدول رقم 13 - 13) .

يفسد البيض سريعاً إذا تم تخزينه أو غسله بطريقة غير مناسبة وبالتالى تستطيع الأحياء الدقيقة اختراق الحوجز الواقية (القشرة والأغشية) وتقاوم المثبطات الطبيعية الموجودة فى البيومين البيض. ويعتبر الجنس *Pseudomonas* أهم مسببات فساد البيض، بالإضافة لبعض الأعفان (جدول رقم 13 - 13) .

جدول رقم 13 - 13 : بعض العيوب التى تسببها الأحياء الدقيقة فى الدواجن والبيض

المادة الغذائية	العيب	الأسم العلمى للكائن المسبب للعيب
لحم الدواجن	رائحة غير مرغوبة – مواد لزجة	*Pseudomonas , Acinetobacter, Alcaligenes, Aeromonas , Alteromonas*
البيض	التعفن الأسود	*Proteus, Aeromonas*
	حامض	*Pseudomonas*
	بال قديم musty	*Pseudomonas*
	نموات من الأعفان	أنواع متعددة من الأعفان
	التعفن الأحمر	*Serratia marcescens*
	التعفن الأصفر والأخضر	*Alcaligenes , Flavobacterium*

المصدر: مختصر من (1989) Banwart .

يعتبر الجنس *Pseudomonas* أنشط الأحياء الدقيقة المسببة لفساد الأسماك والجمبرى المخزنة على درجة الصفر المئوى (32°ف) . أما السمك المملح فيفسد بواسطة البكتريا المحبة للملوحة (جدول رقم 13 - 14) .

جدول رقم 13 - 14 : بعض العيوب التى تسببها الأحياء الدقيقة فى الأغذية البحرية

المادة الغذائية	العيـــــــب	الأسم العلمى للكائن المسبب للعيب
السمك الطازج	رائحة غير مرغوبة	*Pseudomonas , Alteromonas , Acinetobactr, Vibrio , Proteus*
	نكهة الفاكهة fruity	*Pseudomonas*
	رائحة الأمونيا	*Pseudomonas , Alteromonas*
	رائحة H_2S	*Pseudomonas, Alteromonas*
السمك المملح	فساد اللون (لون وردى)	*Halobacterium , Halococcus*
الجمبرى	رائحة غير مرغوبة	*Pseudomonas*

المصدر : مختصر من Banwart (1989) .

تظهر منتجات الألبان روائح غير مرغوبة ويتوقف ظهور عيب بعينه على حسب المنتج اللبنى .. فاللبن السائل المبستر قد تظهر فيه العيوب التالية : تغير النكهة – تزنخ تحلل – إنتاج غاز – طعم حامض (إنتاج حامض لاكتيك) – تخثر البروتينات – لزوجة القوام (اللبن المتحبل ropy milk) – فساد اللون (جدول رقم 13 - 15) . وكما فى باقى المنتجات الحيوانية نجد أن أنواع الجنس *Pseudomonas* لها النصيب الأكبر كمسبب لعيوب اللبن ومنتجاته (طعم مر – تزنخ – رائحة الفاكهة fruity odour) . كذلك تلعب بكتريا حامض اللاكتيك وغيرها من البكتريا دوراً فى فساد اللبن . والجدير بالذكر أنه عند تصنيع منتج لبنى من لبن به عيب معين فإن هذا العيب يظهر فى هذا المنتج اللبنى .

يفسد الزبد نتيجة لنمو الأحياء الدقيقة المحللة للدهون ووجود الأحماض الدهنية قصيرة السلسلة تتسبب فى نكهة التزنخ، كما يمكن للأعفان النمو على سطح الزبد كما تحدث البكتريا السيكروتروفيه تغيرات غير مرغوبة فى نكهة الزبد.

أما منتجات الألبان المتخمرة .. فإنها تفسد بواسطة البكتريا والفطريات . والبكتريا المنتجة للغازات يمكنها أن تحدث عدة عيوب فى الجبن مثل إحداث فجوات أو جيوب غازية

أو شقوق كما تحدث البكتريا الملونة فساد اللون. أما الأعفان فإنها مشكلة شائعة فى الجبن والجبن القريش والياغورت (الزبادى) فعند نمو هذه الأعفان على هذه المنتجات يصبح لها مظهر فرائى غير مقبول، كما أن بعض الأعفان لها قدرة عالية على إنتاج الإنزيمات المحللة للبروتين والدهون وبالتالى تسبب عيوباً جوهرية فى طعم وقوام الجبن. بالإضافة لإنتاج السموم الفطرية بواسطة بعض الأعفان. كذلك تسبب الخمائر عيوباً فى الجبن مثل تغيير اللون والنكهة غير المرغوبة والعيب الغازى frothy، كما تسبب نكهة الخميرة فى الياغورت (الزبادى) (جدول رقم 13 - 15).

جدول رقم 13 - 15 : أهم العيوب التى تسببها الأحياء الدقيقة فى اللبن ومنتجاته

المادة الغذائية	العيـــــــب	الأسم العلمى للكائن المسبب للعيب
اللبن المبستر	تزنخ	*Pseudomonas , Alcaligenes , Staphylococcus*
المبرد	تحبل أو مواد لزجة	Coliforms , *Pseudomonas , Bacillus subtilis*
	حامضى (حامض وغاز)	بكتريا حامض اللاكتيك
	فساد اللون	*Chromobacterium*
الجبـن	غازى - حامض بيوتيريك	*Clostridium tyrobutyricum*
	نمو الأعفان	*Penicillium , Mucor , ...*
الجبن الطرى	العفن الأسود	*Mucor*
	نموات على السطح	*Torulopsis , Debaryomyces*
الجبن القريش	خثرة لزجة - رائحة متعفنة	*Pseudomonas*
	فساد اللون	*Flavobacterium ,* أعفان وخمائر
ياغورت	نكهة الخميرة	*Torulopsis* خمائر أهمها

المصدر : مختصر من Banwart .

4 - الأغـذية المعلبـة

قد تفسد الأغذية المعلبة لأحد الأسباب التالية: معاملة حرارية غير كافية - وجود نفيس فى العلب - التخزين على درجة حرارة عالية أو عدم كفاءة عملية التبريد، وذلك

بالإضافة لاحتمال وجود عيوب فى العلب نفسها أو تداول العلب بطريقة سيئة.

تفسد المعلبات غير المعاملة بدرجة كافية عادة بواسطة البكتريا المكونة للأبواغ والمقاومة للحرارة مثل *Clostridium* ، *Bacillus* ، *Desulfotomaculum* والتى يمكنها البقاء حية بعد هذه المعاملة الحرارية.

أما التنفيس leakage فيسبب فساد المعلبات بواسطة البكتريا غير المكونة للأبواغ والتى لا يمكنها مقاومة المعاملة الحرارية ولكنها تدخل إلى العلبة بعد المعاملة الحرارية. ويعطى التخزين على درجات حرارة مرتفعة أو عدم كفاءة التبريد الفرصة للبكتريا المكونة للأبواغ والمحبة لدرجات الحرارة العالية والمقاومة للحرارة heat - resistant thermophilic bacteria ، يعطيها فرصة لكى تنمو.

يوجد أربعة أنواع من البكتريا المحبة لدرجات الحرارة العالية أو المقاومة لدرجات الحرارة العالية والمكونة للأبواغ تعتبر من أهم مسببات الفساد للأغذية المعلبة (جدول رقم 13-16).

أ – البكتريا *Bacillus stearothermophilus*: وهى بكتريا تكون أبواغ مقاومة للحرارة بدرجة كبيرة وهى لاهوائية اختياراً ويمكنها النمو على 70°م (158°ف) ولكنها غير مقاومة للحموضة لذلك فإنها تتسبب فى فساد الأغذية منخفضة الحموضة ويظهر العيب فى صورة حموضة ويصبح غطاء العلبة مسطحاً وليس مقعراً (flat sour).

ب – البكتريا *Bacillus coagulans* : أبواغها أقل مقاومة للحرارة ولكنها مقاومة للحامض aciduric لذلك تتسبب فى نفس العيب (flat sour) فى الطماطم المعلبة (pHمنخفض ومعاملة حرارية أقل).

جـ – البكتريا *Clostridium thermosacchorolyticum* : وهذه لها أبواغ مقاومة للحرارة بدرجة كبيرة وتنتج غازا بكمية كبيرة مما يسبب عيب الانتفاخ الجامد hard swell والعلب المنفجرة blown cans ، وقد يحدث انتفاخ العلب بواسطة أنواع أخرى من *Clostridium* .

د – البكتريا *Desulfotomaculum nigrificans* : وهذه لها قدرة على إنتاج H_2S كأحد

النواتج الأيضية فيتفاعل مع أيونات المعادن فى العلبة أو الغذاء مكوناً كبريتيدات المعادن وبعضها له لون أسود ويعرف بالفساد الكبريتيدى.

أما الخمائر والأعفان فإنها غير ذات أهمية فى فساد الأغذية المعلبة باستثناء أبواغ العفن *Byssochlamys fulva* التى تقاوم المعاملة الحرارية التى تعامل بها الفاكهة المعلبة (جدول رقم 13 - 16).

جدول رقم 13 - 16 : أهم العيوب التى تسببها الأحياء الدقيقة فى بعض الأغذية المعلبة

المادة الغذائية	العيـــــب	الأسم العلمى للكائن المسبب للعيب
ذرة – بسلة –	حموضة وغطاء العلبة مسطح flat sour	*Bacillus stearothermophilus*
فول أخضر	فساد كبريتدى	*Desulfotomaculum nigrificans*
	إنتفاخ جامد hard swell	*Clostridium thermosaccharolyticum*
طماطم	حموضة وغطاء العلبة مسطح flat sour	*Bacillus coagulans*
	تخمر بيوتيرى butyric fermentation	*Clostridium butyricum*
فاكهة	التعفن الطرى soft rot	*Byssochlamys fulva*
لحوم معلبة	غاز – رائحة تعفنية	*Clostridium , Bacillus*

13 - 7 – طرق السيطرة على الأحياء الدقيقة فى الأغذية (طرق حفظ الأغذية)

إن الهدف الرئيسى للسيطرة على الأحياء الدقيقة فى الأغذية هو منع أو تأخير فسادها (السيطرة على مسببات الفساد الحقيقى) والحد من المخاطر الصحية الناجمة عن تناول الغذاء (السيطرة على الأحياء الدقيقة الممرضة).

يمكن تقسيم طرق السيطرة على الأحياء الدقيقة إلى أربع مجموعات:

تقليل أو منع وصول الأحياء الدقيقة إلى الغذاء (تقليل أو منع تلوث الأغذية بالأحياء الدقيقة) – إزالة الأحياء الدقيقة من الغذاء – تأخير وإعاقة نمو الأحياء الدقيقة – قتل أو تحطيم الأحياء الدقيقة.

والجدير بالذكر أن طرق السيطرة على الأحياء الدقيقة تتمثل فى طرق حفظ الأغذية بيد أن طرق حفظ الأغذية لها أهداف أخرى بالإضافة للسيطرة على الأحياء الدقيقة وتلك تتمثل فى : حماية الأغذية من التفاعلات الإنزيمية والكيماوية التى تؤثر على جودتها – منع فقد المغذيات – المحافظة على الخواص الحسية للغذاء. وسوف نلقى الضوء فى هذا الباب على تأثير طرق حفظ الأغذية على الأحياء الدقيقة فقط.

13 - 7 - 1 – تقليل أو منع وصول الأحياء الدقيقة للأغذية Asepsis

تبدأ عمليات السيطرة على الأحياء الدقيقة بالعمل على تقليل وصول الأحياء الدقيقة للأغذية – حيث أن منع وصول الأحياء الدقيقة للأغذية يعتبر مستحيلاً – ويتم ذلك بداية من حصاد الأغذية وذلك باستخدام التقنيات المناسبة ومراعاه النظافة واتباع الإجراءات والعادات الصحية السليمة فى حصاد وتعبئة ونقل وتخزين الأغذية وكذلك فى عرضها للبيع (أغذية غير مصنعة) أو أثناء تداولها داخل مصانع الأغذية بداية من الاستلام حتى انتهاء التصنيع، وكذلك تداول المستهلك لها سواء كانت مصنعة أو غير مصنعة. بناءً على ذلك فإن واجب كل من يتعامل مع الغذاء سواء فى إنتاجه أو نقله أو تصنيعه أو تخزينه أو بيعه أو إعداده وتقديمه .. أن يأخذ دوره فى العمل على تقليل تلوث الغذاء (حيث لوحظ أن معظم حالات انتشار الأمراض تكون ناشئة من التداول الخاطئ وتلوث الأغذية فى أماكن تقديم الطعام أو فى المنازل) .. كل ذلك بهدف تقليل الحمل الميكروبى للأغذية حيث أنه كلما قل الحمل الميكروبى ينخفض احتمال وجود الأحياء الدقيقة غير المرغوبة (المسببة للفساد والممرضة) ويكون العمر الحفظى shelf life للغذاء أطول وفى نفس الوقت يسهل السيطرة على الأحياء الدقيقة التى وصلت للغذاء بطرق السيطرة الأخرى.

13 - 7 - 2 إزالة الأحياء الدقيقة Removal of microorganisms

تتمثل عمليات إزالة الأحياء الدقيقة من الأغذية على المستوى التجارى فى عمليات الغسيل والطرد المركزى والترشيح. يستخدم الغسيل كخطوة من خطوات تجهيز الكثير من الأغذية بغرض إزالة الأحياء الدقيقة وأجزاء التربة العالقة بالغذاء وبقايا المبيدات، كذلك يستخدم الطرد المركزى كأحدى خطوات التصنيع فى صناعة السكر وترويق بعض عصائر

الفاكهة. أما إزالة الميكروبات كهدف رئيسى فيتمثل فى استخدام الترشيح فى بعض الأغذية وأحياناً يطلق على هذه العملية أسم البسترة الباردة cold pasteurization وهذه لها استخدامات محدودة مثل ترشيح المياه وبعض عصائر الفاكهة والخل والمياه الغازية والزيوت النباتية. وطبعاً هذه الطريقة لا تؤثر على الإنزيمات، فإذا كانت التفاعلات الإنزيمية غير مرغوبة فلابد من استخدام الحرارة لهدم هذه الإنزيمات.

13 - 7 - 3 تأخير وإعاقة نمو الأحياء الدقيقة Retarding growth

نجد أن معظم طرق حفظ الأغذية تعتمد على تأخير بداية النمو الميكروبى وإعاقة النمو بمجرد أن يبدأ وذلك عن طريق التأثير على بعض العوامل مثل:

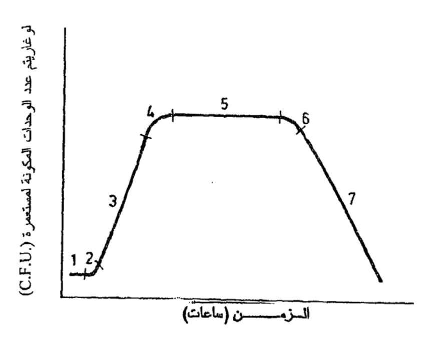
أولاً : خفض درجة الحرارة ويتمثل هذا فى حفظ الأغذية بالتبريد والتجميد.

ثانياً : خفض نشاط الماء ويتمثل هذا فى حفظ الأغذية بالتجفيف والتجفيد والتجميد والتمليح والتسكير.

ثالثاً : تغيير التركيب الكيماوى للغذاء ويتمثل هذا فى حفظ الأغذية بإستخدام المواد الحافظة. وقبل التحدث عن هذه العوامل وتلك الطرق المتبعة فى حفظ الأغذية فإنه يجب أن نتعرض لما يسمى بمنحنى النمو للأحياء الدقيقة.

منحنــى النمــو growth curve

عندما تتوفر الظروف المثالية لنمو الكائن الحى الدقيق فإنه يتكاثر ويمر خلال عدة مراحل تسمى أطواراً. فإذا رسمنا العلاقة بين لوغاريتم عدد "الوحدات المكونة لمستعمرة" / مل أو جم من الغذاء مع الزمن (عند ثبات باقى العوامل من pH ، A_w ، ...) لحصلنا على منحنى النمو. ويمكن أن نميز فيه أهم أربعة أطوار (1 , 3 , 5 , 7) – كما ورد فى معظم المراجع – بالإضافة لباقى الأطوار السبعة الواضحة فى شكل رقم 13 - 20 .



شكل رقم 13 - 20 : منحنـى النمـو
المصدر : معدل من .(Frazier & Westhoff (1988.

1- طور السكون lag phase وخلاله لا يحدث زيادة فى عدد الخلايا.

2- طور النمو المتزايد positive acceleration phase ويحدث خلاله زيادة فى معدل التكاثر.

3- الطور اللوغاريتمى logarithmic or exponential phase يكون معدل التكاثر خلاله أعلى ما يمكن وثابتاً.

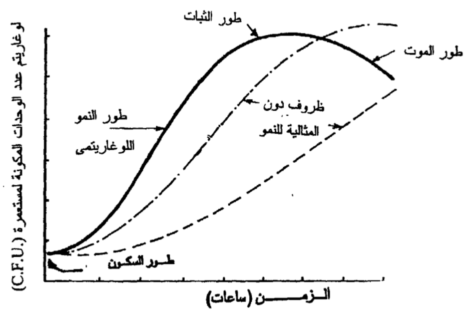
4- طور النمو المتناقص negative acceleration phase يقل معدل التكاثر خلاله ولكن يحدث زيادة فى العدد.

5- طور الثبات stationary phase وهنا يكون عدد الخلايا ثابتاً بمعنى أن عدد الخلايا الجديدة = عدد الخلايا الميتة.

6- طور زيادة الموت accelerated death phase يقل فيه معدل التكاثر ويحدث تناقص فى عدد الخلايا.

7- طور الموت death phase يحدث نقصان فى العدد بمعدل سريع ثابت.

أمـا إذا كـانت الظروف المحـيطة بالنمـو دون الظروف المثلى نتـيـجـة تأثيـرات ضاغطة stress من واحد أو أكثر من العوامل المؤثرة على النمو (مغذيات، pH، A_w، ...) فهنا يمتد طور السكون و/أو يزداد الزمن الجيلى وهو الزمن الذى ينقضى حتى يتم الانقسام فى خلية حديثة إلى خليتين جديدتين (شكل رقم 13 - 21).



شكل رقم 13 - 21 : تأثير الظروف دون المثالية للنمو على منحنى النمو
المصدر : Banwart (1989).

فإذا زادت شدة تأثير أحد العوامل أو زاد عدد العوامل المؤثرة (سلبا) فإن الكائن الحى قد لا ينمو أو قد لا يستطيع البقاء حياً survive.

أولاً: تأخير وإعاقة النمو باستخدام درجات الحرارة المنخفضة

1 – التبـريد

يعنى التبريد عامة حفظ الغذاء على درجات حرارة أقل من 10°م (50°ف) وأعلى من درجـة تجمـدها. وعلى ذلك فالأحياء الدقيقة ذات الأهمية فى الأغـذية المبردة هى تلك السيكروتروفيه والسيكروفيليه والتى يمكنها النمو على درجات حرارة أقل من 5°م (41°ف)

ولكن يجب أن ننوه هنا إلى أن نمو هذه الأحياء الدقيقة يتناسب تناسباً عكسياً مع الانخفاض فى درجة الحرارة. كذلك يمكن لبعض الأحياء الدقيقة المسببة للتسمم الغذائى *(Listeria monocytogenes , C. botulinum)* النمو على درجات حرارة 4-6°م (39 - 43°ف) ولكنها لا تستطيع النمو على درجات حرارة أقل من 1.7°م (35°ف). وعلى ذلك فإنه ينصح بتخزين الأغذية المبردة على درجات حرارة أقل من 1.7°م (35°ف) وأعلى قليلاً من درجة تجمدها. ولكن يجب مراعاة نوع الغذاء حيث أن بعض الأغذية تصاب بأضرار (غير ميكروبية) بالتخزين على درجات الحرارة سالفة الذكر (وذلك مثل البامبا، الباذنجان، الليمون، الموز، المانجو ...).

نجد أن التبريد يطيل طور السكون ويزيد من الزمن الجيلى بالإضافة لأنه يؤدى لعملية انتقاء للميكروبات السيكروتروفيه.

2 – التجميد

تجمد الأغذية لإطالة عمرها التخزينى المتحصل عليه من التبريد وعادة يكون تخزين الأغذية المجمدة تجاريا على درجة حرارة –18°م (–0.4°ف) وبالتالى فإنه لا يمكن للأحياء الدقيقة النمو [لا تنمو الأحياء الدقيقة على درجة حرارة أقل من – 15°م (5°ف)]. كما أن للتجميد تأثيراً مميتاً للأحياء الدقيقة حيث قد يؤدى لقتل حوالى 10 % من التعداد الأصلى فى أغلب الأحوال وقد تصل هذه النسبة إلى 80 %، وذلك يتوقف على : حالة ونوع وعمر الأحياء الدقيقة – معدل التبريد المستخدم – نوع الغذاء وتركيبه الكيماوى. ولكن التعداد المتبقى يمكنه البقاء لمدة طويلة فى الأغذية المجمدة. كما أن التجميد يؤدى إلى خفض نشاط الماء للمادة الغذائية حيث يقل الماء المتاح اللازم لنمو الأحياء الدقيقة.

ويجب أن يؤخذ فى الاعتبار أن الغذاء المجمد بعد تفكيكه يعتبر قابلاً للفساد مثله فى ذلك مثل الغذاء الخام تماماً حيث أن العامل المؤثر (درجة الحرارة المنخفضة) على نمو الأحياء الدقيقة قد زال تأثيره بعد التفكيك فيجب أن يتم تداوله بسرعة وإلا حدث له فساد.

ثانياً : تأخير وإعاقة النمو بالتحكم فى نشاط الماء

1 – التجفيف الشمسى والصناعى والتجفيد

نجد أن الأساس العلمى فى طرق الحفظ هذه يعتمد على نزع الماء من الأغذية وبالتالى يقل نشاط الماء بها للحد الذى يمنع نمو الأحياء الدقيقة . ونجد أن أبواغ البكتريا والأعفان تظل حية بعد هذه المعاملات ويمكنها أن تظل فى صورة كامنة لمدة طويلة على الأغذية المصنعة بهذه الطرق.

تؤدى عملية التجفيف عادة إلى تقليل عدد الأحياء الدقيقة ولكن لا تؤدى إلى تعقيم الغذاء، ويتوقف التأثير المميت لعملية التجفيف على عدة عوامل أهمها : نوع وحالة الأحياء الدقيقة الموجودة – ظروف التجفيف (الطريقة المتبعة، درجة الحرارة المستخدمة، زمن ومعدل التجفيف) – نوع الغذاء نفسه (وجود مركبات حامية للأحياء الدقيقة، وجود مثبطات، قيمة الأس الهيدروجينى) . كما لوحظ موت لنسبة معينة من الأحياء الدقيقة أثناء تخزين الأغذية المجففة بالإضافة لحدوث انتقاء لبعض الأحياء الدقيقة.

2 – التمليح والتسكير

لما كان نشاط الماء لغذاء ما على درجة حرارة معينة يحسب من المعادلة

$A_w = P / p_0$

حيث P = ضغط بخار الماء فى الغذاء ، p_0 = ضغط بخار الماء النقى

∴ تنخفض A_w للغذاء بزيادة تركيز المذاب solutes فى الوسط المائى بالمادة الغذائية، حيث أنه بزيادة المذاب يقل الضغط البخارى للماء فى الغذاء (P) لأن الضغط البخارى يتوقف على حركة المذيب.

يمكن استخدام الملح والسكر لحفظ الغذاء من الفساد بواسطة الأحياء الدقيقة، ويرجع التأثير لأيٍ منهما إلى خفض A_w للغذاء وبالتالى يمنع الفساد الميكروبى وفى نفس الوقت يرفع الضغط الإسموزى للوسط مما قد يسبب تلف الخلية الميكروبية. كما لوحظ أيضاً تأثير ثانوى آخر للملح وهو تأثير حافظ والذى قد يرجع لأيون Cl^- الذى له تأثير مثبط للأحياء الدقيقة.

ثالثاً : تأخير وإعاقة النمو عن طريق تغيير التركيب الكيماوى للغــذاء

المقصود هنا استخدام الكيماويات الحافظة chemical preservatives ويهـمنا فى هذا الباب المواد الحافظة المضادة للأحياء الدقيقة antimicrobial preservatives وهى تلك الكيماويات التى تؤخر وتعيق الفساد الميكروبى للغذاء.

1 – العوامل المؤثرة على فعل المواد الحافظة المضادة للأحياء الدقيقة

أ– نوع المادة الحافظة وتركيزها

نجد أن المادة الحافظة قد تثبط نمو الأحياء الدقيقة germistat وقد تكون متخصصة للبكتريا bacteriostat أو متخصصة للفطريات fungistat أو قد تكون قاتلة أو مميتة للأحياء الدقيقة germicide ومنها القاتل للبكتريا bactericide والقاتل للفطريات fungicide ويجب مراعاة أنه يوجد خيط رفيع بين التأثير المثبط germistatic والتأثر المميت germicidal لهذه المواد الحافظة على الأحياء الدقيقة فقد يكون للمادة الحافظة تأثير مثبط فى تراكيزاتها المنخفضة بينما يكون لها تأثير قاتل أو مميت فى تركيزاتها العالية.

ب– نوع وحالة وعدد الأحياء الدقيقة المتواجدة فى الغذاء

تقاوم الأبواغ فعل المواد الحافظة بدرجة أكبر من الخلايا الخضرية، وتعتبر أبواغ البكتريا أكثر أنواع الأحياء الدقيقة مقاومة للمواد الحافظة ثم الخمائر بينما نجد فى معظم الأحيان أن الأعفان تعتبر أكثر الأحياء الدقيقة حساسية لفعل المواد الحافظة. كما توجد اختلافات فى حساسية الأنواع المختلفة التابعة لكل مجموعة من الأحياء الدقيقة (بكتريا – خمائر – أعفان) وهذه الاختلافات ليست مقصورة على الأنواع فقط بل توجد اختلافات بين سلالات النوع الواحد من حيث حساسيتها للمواد الحافظة. كما وجد أن خلايا الأحياء الدقيقة فى طور النمو اللوغاريتمى تكون أكثر حساسية منها فى طور الثبات. وبزيادة عدد الأحياء الدقيقة يزداد تركيز المادة الحافظة اللازمة لإحداث تثبيط أو قتل لهذه الأعداد.

جـ – نوع الغذاء وقيمة الأس الهيدروجينى له ودرجة الحرارة التى يخزن عليها الغذاء

– قد تتفاعل مكونات الغذاء مع المادة الحافظة وتجعلها أقل فعالية أو خاملة تماماً. كما

يسمح الغذاء السائل بالتقاء أو تفاعل أسهل بين الأحياء الدقيقة والمادة الحافظة بالمقارنة بالغذاء الصلب.

– وقد وجد أن فعالية الكثير من المواد الحافظة تزداد فى الأغذية الحامضية.

– كما لوحظ أن فعل المادة الحافظة ضد الأحياء الدقيقة يزداد بزيادة درجة الحرارة المخزن عليها الغذاء خاصة إذا كانت أعلى من درجة حرارة النمو المثلى للأحياء الدقيقة الموجودة فى الغذاء.

2 – ميكانيكية فعل المواد الحافظة على الأحياء الدقيقة

بالإضافة لتأثير المواد الحافظة المضادة للأحياء الدقيقة على الغذاء من الناحية الكيماوية (تغيير pH الغذاء مثلاً) مما يؤدى لتأخير وإعاقة الأحياء الدقيقة فإن هذه المواد الحافظة تؤثر مباشرة على الأحياء الدقيقة بعدة طرق أهمها : تثبيط الإنزيمات – تثبيط بناء البروتين داخل الخلية – تغيير فى DNA الخلية – التأثير على جدار و /أو غشاء الخلية – تغيير قيمة الأس الهيدروجينى داخل الخلية.

3– أمثلة على أهم المواد الحافظة المضادة للأحياء الدقيقة

يجب قبل استخدام أية كيماويات كمواد مضافة للأغذية أن يكون قد تم اختبارها بواسطة الهيئات الصحية المعروفة مثل هيئة الأغذية والعقاقير الأمريكية FDA أو منظمة الصحة العالمية WHO . ويوضح الجدول رقم 13 - 17 أهم المواد الحافظة والرقم الدولى لكل مادة طبقاً للجنة دستور الأغذية CAC . مع ملاحظة أن كل مادة حافظة مسموح باستخدامها فى أغذية معينة وليست فى كل الأغذية، كما يختلف التركيز المسموح به من نفس المادة الحافظة باختلاف نوع الغذاء.

جدول رقم 13 - 17 : أهم المواد الحافظة المضادة للأحياء الدقيقة المسموح باستخدامها في الأغذية وأرقامها الدولية طبقاً لنظام الترقيم الدولى (INS*)

أسم المادة الحافظة المضادة للأحياء الدقيقة	الرقم الدولى INS	أسم المادة الحافظة المضادة للأحياء الدقيقة	الرقم الدولى INS
حامض الخليك ومشتقاته		حامض السوربيك وأملاحه	
حامض الخليك	260	حامض السوربيك	200
خلات البوتاسيوم وثنائى خلات البوتاسيوم	261	سوربات الصوديوم	201
خلات الصوديوم وثنائى خلات الصوديوم	262	سوربات البوتاسيوم	202
خلات الكالسيوم	263	سوربات الكالسيوم	203
دى هيدروحامض الخليك	265	ثانى أكسيد الكبريت وأملاح الكبريتيت	
دى هيدروخلات الصوديوم	266	ثانى أكسيد الكبريت	220
حامض البنزويك ومشتقاته		كبريتيت الصوديوم	221
حامض البنزويك	210	كبريتيت أحادى الصوديوم	222
بنزوات الصوديوم	211	ميتاباى سلفيت الصوديوم	223
بنزوات البوتاسيوم	212	ميتا باى سلفيت البوتاسيوم	224
بنزوات الكالسيوم	213	كبريتيت البوتاسيوم	225
إيثيل بارا هيدروكسى حامض البنزويك	214	كبريتيت الكالسيوم	226
إيثيل بارا هيدروكسى بنزوات الصوديوم	215	أملاح النيتريت والنيترات	
بروبايل بارا هيدروكسى حامض البنزويك	216	نيتريت البوتاسيوم	249
بروبايل بارا هيدروكسى بنزوات الصوديوم	217	نيتريت الصوديوم	250
ميثيل بارا هيدروكسى حامض البنزويك	218	نيترات الصوديوم	251
ميثيل بارا هيدروكسى بنزوات الصوديوم	219	نيترات البوتاسيوم	252
حامض البروبيونيك وأملاحه		المضادات الحيوية	
حامض البروبيونيك	280	نيسين	234
بروبيونات الصوديوم	281	ناتاميسين	235
بروبيونات الكالسيوم	282		
بروبيونات البوتاسيوم	283		

INS* : أصدرت لجنة دستور الأغذية قائمة بالمواد المضافة التى تم تقييم سلامتها للاستخدام فى الغذاء وأعطيت لكل مادة مضافة رقم .. وهذا النظام فى الترقيم يعرف باسم نظام الترقيم الدولى International Numbering System (INS).

المصدر : مأخوذ من Smith (1990) .

وفيما يلى مناقشة مختصرة لأهم هذه المواد.

أ - حامض الخليك ومشتقاته

يتميز حامض الخليك برخص ثمنه وسهولة الحصول عليه وهو من المواد المعروفة عامة بأنها آمنة generally recognized as safe (GRAS) فى حدود استخدامها ويضاف هذا الحامض للأغذية طبقاً لممارسة التصنيع الجيدةgood manufacturing practice (GMP) أما مشتقاته مثل دى هيدروخليك وثنائى خلات الصوديوم فتستخدم بتركيزات 0.2 - 0.4 ٪. يرجع الفعل المثبط للجزئ غير المنحل undissociated molecule (كغيره من الأحماض العضوية مثل البنزويك والبروبيونيك) وبالتالى يتوقف فعله على قيمة الأس الهيدروجينى (pH) للغذاء وهو فعال فى الأغذية الحامضية. وهو فعال ضد معظم الأحياء الدقيقة باستثناء القليل منها مثل بكتريا حامض اللاكتيك والجنس *Acetobacter* وبعض الأعفان والخمائر.

يضاف حامض الخليك فى صورة خل كمادة حافظة وكواحد من التوابل للعديد من الأغذية مثل المخللات، المايونيز، المستردة mustard، الكاتشب، الخبز وبعض منتجات المخابز الأخرى.

ب - حامض البنزويك ومشتقاته

يؤثر حامض البنزويك على الخمائر والأعفان بصفة رئيسية وله تأثير أقل على البكتريا وتتميز أملاح هذا الحامض بذائبيتها العالية بالمقارنة بالحامض نفسه. تستخدم إسترات الباراهيدروكسى بنزويك فى مدى واسع من قيمة الأس الهدروجينى لأن فعاليتها غير معتمدة على pH الغذاء (بعكس حامض البنزويك والذى يستخدم فى الأغذية الحامضية) ويستخدم حامض البنزويك ومشتقاته بحد أقصى 0.1 ٪ سواء الحامض نفسه أو أحد مشتقاته أو خليط من أكثر من مشتق أو خليط من أحد هذه المركبات مع حامض السوربيك أو أحد أملاحه. ويستخدم فى الكثير من الأغذية مثل الجلى ، المرملاد، المربى، المايونيز، مركزات العصائر، سلاطة الفاكهة، المياه الغازية، المخللات ، المارجرين.

جـ - حامض البروبيونيك وأملاحه

لهذا الحامض وأملاحه تأثير مثبط جيد ضد الأعفان ولكن التركيزات المسموح بها فى الأغذية لا تؤثر على الخمائر، لذلك يستخدم بنجاح فى الخبز. كما أن له تأثير على العديد من البكتريا. يستخدم فى منتجات المخابز لمنع نمو العفن ومنع التحبل ropiness بتركيزات تصل 0.3 ٪ من وزن الدقيق منفرداً أو فى خليط من الحامض وأحد أملاحه أو مع حامض السوربيك وأملاحه وكذلك يستخدم فى الجبن المصنع بواقع 0.3 ٪.

د - حامض السوربيك

يعتبر حامض السوربيك الحامض الوحيد غير المشبع المسموح باستخدامه فى الأغذية كمادة مضادة للأحياء الدقيقة. له تأثير مثبط للفطريات ووجد أن فعاليته تشمل الأحياء الدقيقة الموجبة لاختبار الكتاليز شاملة الخمائر والأعفان والبكتريا. ولكنه لا يؤثر على البكتريا السالبة لاختبار الكتاليز مثل بكتريا حامض اللاكتيك، لذلك فإنه يستخدم فى الأغذية المتخمرة المحفوظة بالحامض acidulated . يستخدم فى كثير من الأغذية مثل الخبز - الجبن - منتجات المخابز الأخرى - عصائر الفاكهة - الفاكهة المجففة - الجلى - المرملاد وذلك بنسب تتراوح بين 0.02 - 0.3 ٪ وفى بعض الأحيان يستخدم بتركيزات أعلى تصل 1.6 ٪ كما فى المارجرين.

هـ - ثانى أكسيد الكبريت وأملاح الكبريتيت

لهذه المركبات تأثير مثبط ضد كل من الخمائر ، الأعفان، البكتريا ويزداد نشاطها مع انخفاض pH الغذاء ، ويرجع هذا النشاط أساساً لحامض الكبريتوز غير المنحل undissociated sulfurous acid الذى يسود عند pH أقل من 3 .

وتختلف مجاميع الأحياء الدقيقة فى تأثرها بهذه المركبات فالأعفان تعتبر أكثر الأحياء الدقيقة تأثراً يليها البكتريا (خاصة تلك السالبة لصبغة جرام) ثم الخمائر؛ وتستخدم هذه المركبات فى الأغذية التالية: الزبيب - المشمش المجفف - الفاكهة المجففة - الخضروات المجففة - السكر - الخل - الخيار المخلل - المربى. وفى كثير من الدول يحظر استخدام ثانى أكسيد الكبريت فى الأغذية الغنية فى فيتامين ب١ حيث يسبب تكسر هذا الفيتامين الهام. تختلف التركيزات المسموح بها باختلاف المادة الغذائية حيث تتراوح بين 20 مجم / كجم

فى السكر الأبيض إلى 2000 مجم / كجم كما فى حالة المشمش المجفف.

و- نيتريت ونيترات الصوديوم والبوتاسيوم

تضاف هذه المركبات أساساً للحفاظ على لون اللحم الأحمر غير أن لها نشاطاً مضاداً للأحياء الدقيقة خاصة عندما توجد فى خليط مع ملح الطعام، وأهم فائدة لهذه المركبات هو تثبيط بكتريا *C. botulinum* فى منتجات اللحوم التى تعامل معاملة حرارية غير كافية للقضاء على هذه البكتريا.

وأهم مشكلة فى استخدام هذه المركبات هو احتمال تكون مركبات النيتروزأمين nitrosamines حيث أن بعضها يعتبر مسبباً للسرطان ويحدث التشوهات الخلقية ويسبب الطفرة والإتجاه الآن نحو استبعاد النيتريت أو تقليل مستواه فى الأغذية غير أنه حتى الآن لا يوجد بديل له يمكن استخدامه فى صناعة اللحوم.

تستخدم نيترات الصوديوم فى بعض أنواع الجبن بواقع 50 مجم / كجم سواءً بمفردها أو كخليط مع نيترات البوتاسيوم كما تستخدم فى بعض منتجات اللحوم بحيث لا تتعدى 500 مجم / كجم. أما نيتريت الصوديوم فيستخدم فى اللحم المملح المطبوخ المعلب canned corned beef بحد أقصى 50 مجم / كجم وفى اللانشون وباقى أنواع اللحم المنضج بحد أقصى 125 مجم / كجم .

ز - المضادات الحيوية

قررت الهيئات المسؤلة عن مراقبة الأغذية منع إضافة المضادات الحيوية للأغذية .. ولكن هناك مضادان حيويان مصرح باستخدامهما فى الأغذية الآن فى عديد من البلاد وهما الناتاميسين natamycin والنيسين nisin وكلا منهما ليس له أى استخدام علاجى للإنسان أو الحيوان.

- ناتاميسين (بيماريسين pimaricin)

مضاد حيوى ينتج بواسطة *Streptomyces natalensis* . وهو مضاد للفطريات ويسمح باستخدامه فى بعض البلاد مثل الولايات المتحدة الأمريكية حيث يضاف لبعض أنواع الجبن عن طريق غمر الجبن فى محاليل تركيزها 200 - 300 جزء فى المليون كما

يستخدم لوقف النمو الفطرى على السجق الهولندى بتركيز 1000 جزء فى المليون.

- نيسين nisin

ينتج بواسطة سلالات تابعة للبكتريا *Lactococcus (Streptococcus) lactis* وهو عبارة عن عديد ببتيد مقاوم للحرارة والحموضة ويؤثر على البكتريا الموجبة لصبغة جرام وعلى الأبواغ البكتيرية. يستخدم فى الجبن المطبوخ بواقع 12.5 مجم / كجم وأيضاً فى اللبن المكثف كما يستخدم لتقليل المعاملة الحرارية اللازمة لتحطيم أبواغ *C. botulinum* فى اللحوم مما يحسن من جودة الناتج.

13 - 7 - 4 قتل أو تحطيم الأحياء الدقيقة Destruction of microorganisms

تعتمد بعض طرق حفظ الأغذية على تحطيم وقتل الأحياء الدقيقة وتتمثل هذه الطرق فى استخدام درجة الحرارة المرتفعة واستخدام الطاقة الإشعاعية.

أولاً: استخدام درجة الحرارة العالية

1- تأثير الحرارة على الخلايا الميكروبية

يرجع التأثير المميت للمعاملة الحرارية (الرطبة) على الأحياء الدقيقة – بصفة رئيسية – لحدوث تجمع coagulation أو دنترة denaturation لبروتينات وإنزيمات الخلية. بالإضافة لأن الحرارة قد تحدث هدماً فى الأحماض النووية (RNA,DNA) أو تلفاً damage للغشاء البلازمى. وقد فُسر موت الأبواغ بالمعاملات الحرارية بأنه راجع لحدوث تغيرات طبيعية وكيماوية تتداخل مع قدرة البوغ على إمتصاص الماء.

2 – مقاومة الأحياء الدقيقة لدرجات الحرارة المرتفعة

يمكن تحطيم الخلايا الخضرية لكل من البكتريا والفطريات بالتسخين على درجات حرارة 60 - 80°م (140 - 176°ف) لمدة قصيرة، ولكن الأحياء الدقيقة المقاومة لدرجات الحرارة المرتفعة thermoduric والمحبة لدرجات الحرارة المرتفعة thermophilic تحتاج لمعاملة حرارية أشد من ذلك، ولكن يمكن القول أن جميع الخلايا الخضرية تقتل إذا تعرضت لمعاملة حرارية مدتها 10 دقائق على درجة حرارة 100°م (212°ف).

وتعتبر أبواغ الفطريات والبكتريا أكثر مقاومة للمعاملات الحرارية من خلاياها الخضرية

كما أن أبواغ البكتريا تعتبر أكثر مقاومة من أبواغ الفطريات فأكثر أبواغ الفطريات مقاومة للحرارة هى أبواغ العفن *Byssochlamys fulva* [تتحمل معاملة حرارية 5 ساعات على درجة حرارة 88°م (190°ف)] أما أبواغ البكتريا فتعتبر الأكثر مقاومة للحرارة ونجد أن أبواغ البكتريا المحبة لدرجات الحرارة المرتفعة أكثر مقاومة للحرارة من أبواغ البكتريا المحبة لدرجات الحرارة المتوسطة.

3 - المعاملات الحرارية المستخدمة فى التصنيع

أ - البسترة : Pasteurization

عبارة عن معاملة حرارية مؤتلفة من درجة حرارة وزمن [درجة حرارة بين 60 ، 85°م (140 - 185°ف) لمدة تتراوح بين عدة ثوانى إلى ساعة] وعادة يبرد الناتج بعد المعاملة الحرارية مباشرة. وهى معاملة كافية لقتل معظم الخلايا الخضرية خاصة *Mycobacterium tuberculosis* ، *Coxiella burnetii* ، وتستخدم فى الحالات التالية :

- عندما تكون الأحياء الدقيقة المسببة لفساد الناتج غير مقاومة للحرارة كما فى الأغذية مرتفعة الحموضة.
- عندما يكون الغرض هو القضاء على الأحياء الدقيقة الممرضة ولكن المعاملات الحرارية الشديدة تحدث تغيرات غير مرغوبة فى جودة الناتج كما هو الحال فى اللبن.
- عندما يمكن إيقاف نشاط الأحياء الدقيقة المسببة للفساد بوسيلة أخرى بالإضافة للمعاملة الحرارية مثل : التبريد (كما فى حالة اللبن) - إضافة تركيز عالى من السكر (اللبن المكثف المحلى) - إضافة مواد حافظة مثل الأحماض العضوية (المخللات وعصائر الفاكهة).

ب - التعقيم التجارى Commercial sterilization

ويقصد بها عادة المعاملات الحرارية التى تتم على درجة حرارة 100°م (212°ف) أو أعلى. وفى هذه المعاملة لا يحدث تعقيم بالمعنى الطبى (قتل جميع الأحياء الدقيقة وأبواغها) بل يحدث قتل لجميع الأحياء الدقيقة الممرضة وتلك التى قد تسبب فساد الأغذية تحت الظروف العادية للتخزين وتترك بعض الأحياء الدقيقة غير قادرة على النمو.

وعادة تتم كل من عملية البسترة والتعقيم التجارى بطريقة متقطعة لذلك تعبأ الأغذية قبل المعاملة الحرارية فى عبوات يتم غلقها قبل المعاملة الحرارية أو قد تتم المعاملة الحرارية بطريقة مستمرة وهنا يزود خط الإنتاج بنظام تعبئة تحت ظروف معقمة.

جـ - التسخين الأومى Ohmic heating

يعتبر التسخين الأومى واحداً من أحدث طرق تسخين الأغذية، ويستخدم فى تسخين الأغذية بطريقة مستمرة ولذلك نجد أن خط الإنتاج فى هذه الحالة يكون مزوداً بنظام تعبئة تحت ظروف معقمة. والأساس العلمى لهذه الطريقة يعتمد على توليد الحرارة عند مرور تيار كهربائى متردد فى محلول موصل للكهرباء. وفى نظام التسخين الأومى يستخدم تيار كهربى منخفض التردد (50 - 60 هيرتز) مزود بأقطاب كهربية خاصة حيث يمر الغذاء (جميع الأغذية المحتوية على سوائل قطبية تعتبر موصلا جيدا للكهرباء) بصفة مستمرة بين هذه الأقطاب الكهربية .. وفى معظم الأحوال يمر الغذاء بين عدة وحدات sets من الأقطاب الكهربية كل واحد منها يقوم برفع درجة الحرارة.

تتضح ميزة التسخين الأومى فى أن قطع الغذاء الصلبة وكذلك الجزء السائل من الغذاء يتم تسخينها فى وقت واحد تقريباً حيث يتم التسخين من الداخل وليس من الخارج كما فى حالة التسخين التقليدى. وبعد التسخين يمكن تبريد الناتج فى مبادلات حرارية مستمرة وتتم التعبئة تحت ظروف معقمة فى عبوات سبق تعقيمها، ويمكن معاملة معظم الأغذية سواء الحامضية أو ذات الحموضة المنخفضة بهذه الطريقة.

وتأثير هذه الطريقة على الأحياء الدقيقة لا يتعدى تأثير الحرارة على الأحياء الدقيقة كما فى حالة التسخين التقليدى أو استخدام الأشعة القصيرة جداً من أشعة الراديو "microwaves".

4 – الكائن الحى الدقيق الذى على أساس مقاومته للحرارة تحدد المعاملة الحرارية لغذاء ما

سوف نناقش فى هذا الباب تحديد الكائن الحى الدقيق الذى على أساس مقاومته للحرارة تتم المعاملة الحرارية وعلاقة ذلك بقيمة الأس الهيدروجينى للغذاء.

أ – الأغذية ذات الحموضة المرتفعة (pH أقل من 3.7)

من المعروف أن البكتريا المكونة للأبواغ لا يمكنها النمو عند pH أقل من 3.7 . وبناء على ذلك فإن البكتريا غير المكونة للأبواغ وكذلك الفطريات ذات أهمية فى هذه الأغذية ولما كانت المقاومة الحرارية لهذه الأحياء الدقيقة منخفضة (جدول رقم 13 - 18) فإن مثل هذه الأغذية تعامل بالبسترة التى تكفى للقضاء على هذه الأحياء الدقيقة وعلى الإنزيمات الموجودة طبيعياً فى هذه الأغذية.

ب – الأغذية الحامضية (pH أعلى من 3.7 - 4.5)

تم إختيار pH = 4.5 ليكون فارقاً بين الأغذية الحامضية وتلك ذات الحموضة المنخفضة لأنه أقل بدرجة آمنة من pH = 4.7 (حيث يمكن لسلالات البكتريا *Clostridium botulinum* أن تنمو وتنتج أخطر السموم عند pH 4.7 وأعلى) .

والميكروبات ذات الأهمية فى هذه الأغذية مبينة فى جدول رقم 13 - 18 ، لذلك فإنه يتم تحديد المعاملة الحرارية على أساس أكثر الأحياء الدقيقة مقاومة للحرارة فى هذه المجموعة وهى البكتريا *B. macerans* ، *B. polymyxa*، أما فى منتجات الطماطم فتحدد المعاملة الحرارية على أساس البكتريا *B. coagulans* المقاومة للحامض.

مما سبق يتضح أن الأحياء الدقيقة ذات الأهمية فى هذه الأغذية متوسطة المقاومة للحرارة لذلك فإن هذه الأغذية تعامل معاملة حرارية متوسطة [100°م (212°ف) لمدة تتوقف على نوع الناتج وباقى العوامل الأخرى] .

جـ – الأغذية ذات الحموضة المنخفضة (pH أعلى من 4.5)

تعتبر البكتريا *Clostridium botulinum* أخطر الأحياء الدقيقة التى قد تتواجد فى هذه الأغذية (جدول رقم 13 - 18) لذلك تحدد المعاملات الحرارية على أساس القضاء على

جدول رقم 13 - 18 : المقاومة الحرارية النسبية لأهم الأحياء الدقيقة في الأغذية المعلبة

مجموعات الأحياء الدقيقة	مدى المقاومة الحرارية تقريبا	
	* قيمة D بالدقائق	** قيمة Z بدرجات الحرارة ف (م)
الأغذية ذات الحموضة المرتفعة (pH أقل من 3.7)	$D_{150 (66)}$	
- بكتريا محبة لدرجات الحرارة المتوسطة وغير مكونة للأبواغ:		
Lactobacillus , Leuconostoc	1.0 - 0.5	(50 - 46) 10 - 8
- خمائر وأعفان		
الأغذية الحامضية (pH أعلى من 3.7 وأقل من 4.5)	$D_{250 (121.1)}$	
- بكتريا مقاومة للحرارة العالية ومكونة للأبواغ:		
Bacillus coagulans	0.07 - 0.01	(64 - 57) 18 - 14
- بكتريا محبة لدرجات الحرارة المتوسطة ومكونة للأبواغ :	$D_{212 (100)}$	
هوائية *B. Polymxa , B. macerans*	0.5 - 0.10	(61 - 54) 16 - 12
لا هوائية مكونة لحامض البيوتريك		
Clostridium pasteurianum	0.5 - 0.10	(61 - 54) 16 - 12
الأغذية ذات الحموضة المنخفضة (pH أعلى من 4.5)	$D_{250 (121.1)}$	
- بكتريا محبة لدرجات الحرارة المرتفعة ومكونة للأبواغ:		
Bacillus stearothermophius	4.0	(72 - 57) 22 -14
Clostridium thermosaccharolyticum	4.0 - 3.0	(72 - 61) 22 - 16
Desulfotomaculum nigrificans	3.0 - 2.0	(72 - 61) 22 - 16
- بكتريا محبة لدرجات الحرارة المتوسطة ومكونة للأبواغ:		
Clostridium botulinum	0.2 - 0.1	(64 - 57) 18 - 14
Clostridium sporogenes (including P. A 3679)	1.4 - 0.1	(64 - 57) 18 - 14

المصدر: معدل عن Karel *et al.* (1975), (Olson& Nottingham),In: ICMSF (1980a)

* قيمة D : المقصود زمن تقليل العد الميكروبي للعشر decimal reduction time وهو الزمن اللازم لتقليل عدد الأبواغ أو الخلايا الميكروبية بمقدار دورة لوغاريتمية واحدة أو الزمن اللازم لتحطيم 90 % من تعداد الأبواغ أو الخلايا الميكروبية. والرقم أسفل حرف D يقصد به درجة الحرارة ف (م) التي تمت عندها المعاملة الحرارية.

** قيمة Z: درجات الحرارة ف (م) اللازمة لإحداث تغير في قيمة D بمقدار دورة لوغاريتمية واحدة.

هذه البكتريا؛ حيث نجد أن هذه البكتريا لاهوائية محبة لدرجات الحرارة المتوسطة ومكونة للأبواغ، فإذا تركت أى أبواغ داخل العلبة بعد المعاملة الحرارية فإنها تنمو لأن الظروف داخل العلبة لاهوائية كما أن التخزين يتم على درجات حرارة مناسبة لنموها ومن ثم تنمو وتنتج السموم . لذلك تعامل هذه الأغذية معاملة حرارية شديدة نسبياً (240 - 250°ف لمدد مختلفة حسب المنتج وظروف أخرى) وعلى الرغم من وجود بكتريا مكونة للأبواغ ومحبة لدرجات الحرارة العالية ولها مقاومة أعلى من *C. botulinum* فى هذه المجموعة ... إلا أن هذه البكتريا لا يمكنها النمو على درجات حرارة التخزين العادية لأن درجة حرارة نموها الدنيا هى حوالى 38°م (100°ف) .

أما إذا كان الغذاء المعلب سوف يخزن على درجة حرارة عالية بحيث تكون هناك ثمة خطورة من فساده بواسطة الأحياء الدقيقة اللاهوائية المحبة لدرجات الحرارة العالية المكونة للأبواغ فإنه يجب تحديد المعاملة الحرارية على أساس أكثر الأحياء الدقيقة مقاومة للحرارة فى هذه المجموعة وهى *C. thermosaccharolyticum* أو البكتريا اللاهوائية اختياراً المكونة للأبواغ والمحبة لدرجات الحرارة العليا *B. Stearothermophilus* .

ثانياً : استخدام الطاقة الإشعاعية (حفظ الأغذية بالتشعيع)

يمكن استخدام الأشعة المؤينة ionizing radiation مثل أشعة جاما بهدف قتل الأحياء الدقيقة ويفسر الفعل المميت لهذه الأشعة عن طريق تكسير الروابط الكيماوية فى جزيئات كبيرة macromolecules هامة مثل DNA فى الأحياء الدقيقة (نظرية الهدف) أو عن طريق تأيين الماء والذى ينتج عنه تكوين أصول حرة عالية النشاط (.H, .OH, .HO_2) قادرة على كسر الروابط الكيماوية فى الكائنات الحية الدقيقة.

كما يمكن استخدام الأشعة غير المؤينة مثل الأشعة فوق البنفسجية لنفس الغرض. ويرجع التأثير المميت للأشعة فوق البنفسجية نتيجة حدوث إمتصاص لها خاصة عند أطوال موجات 210 - 300 نانومتر، ويوجد إجماع بين المراجع على أن أكثر أطوال الموجات فعالية ضد الأحياء الدقيقة هى تلك القريبة من 260 نانومتر. ونجد أن الأشعة فوق البنفسجية (210 - 300 نانومتر) تمتص بواسطة البروتينات والأحماض النووية الموجودة فى خلية

الكائن الحى الدقيق ويحدث التأثير المميت فى DNA الخلية ، وجزء كبير من هذا التأثير المميت يرجع لتكوين نيكليوتيدات ثنائية nuclotide dimer وهذه المركبات تثبط تخليق الـ DNA كما تثبط تخليق البروتين وRNA ولكن بدرجة أقل ... مما قد يؤدى لموت الخلية. ونظراً لأن الأشعة فوق البنفسجية لها قوة اختراق محدودة لذا فإنها تستعمل فى تحطيم الأحياء الدقيقة المسببة للتلوث على السطوح.

انتشر استخدام أفران «الأشعة القصيرة جداً من أشعة الراديو » microwaves – فى الآونة الأخيرة – فى المنازل بالإضافة لاستخداماتها المتعددة على المستوى الصناعى. وهذه الأشعة تقع بين الأشعة تحت الحمراء وأشعة الراديو القصيرة shortwaves فى طيف الأشعة الكهرومغناطيسية وبالتالى فإن لها تردداً عاليا نسبيا. وعادة يتم تشغيل أفران الميكروويف عند 915 أو 2450 ميجاسيكل، وعند 915 ميجاسيكل فإن التيار الكهربائى ينعكس 915 مليون مرة فى الثانية الواحدة. من المعروف أن الجزيئات القطبية polar مثل الماء توجد عليها شحنة سالبة وكذا شحنة موجبة مركزة على نهايتى الجزيئ فعند مرور الميكروويف خلال الغذاء نجد أن هذه الجزيئات تحاول أن تنظم نفسها مع الحقل الكهربائى الذى ينعكس 915 أو 2450 مليون مرة فى الثانية الواحدة وهذه الحركة السريعة للخلف والأمام تسبب إحتكاكاً بين الجزيئات يظهر فى صورة حرارة، بمعنى أن الحرارة تأتى داخليا وليست من الخارج (كما فى طرق التسخين التقليدية) وهذا النوع من التسخين سريع جداً. ويجب أن نلاحظ أن الجزيئات القطبية فقط هى التى تسخن مباشرة بواسطة الميكروويف أما الجزيئات غير القطبية فأنها تسخن بطريقة غير مباشرة عن طريق انتقال الحرارة بالتوصيل أو الحمل من الجزيئات القطبية إلى الجزيئات غير القطبية.

ولقد كان هناك بعض التعارض فى المراجع حول تأثير الميكروويف على الأحياء الدقيقة .. ولكن الأمر قد حسم الآن وتم تأكيد أن تأثير الميكروويف القاتل على الأحياء الدقيقة يرجع لتأثير الحرارة المتولدة فقط.

References المراجــع 8 - 13

Alexopoulos , C. J. 1972. Introductory Mycology. Second edition . Wiley Eastern Private Limited , New Delhi.

Banwart, G. J. 1981. Basic Food Microbiology. First edition. AVI Publishing Company. Inc. Westport, Connecticut.

Banwart, G. J. 1989. Basic Food Microbiology. Second edition. AVI (Van Nostrand Reinhold), New York.

Barnet, H. L. 1960. Illustrated Genera of Imperfect Fungi. Second edition. Burgess Publishing Company, Minneapolis.

Belitz, H. D.; and . Grosch. 1987. Food Chemistry. Translation from second German edition by D. Hadziyev. Springer Verlag, Berlin.

Deak, T. , and L. R. Beuchat. 1996. Hanbook of Food Spoilage Yeasts. CRC Press, Inc., New York.

El - Banna, A. A.; and A. Hurst. 1983. Survival in foods of *Staphylococcus aureus* grown under optimal and stressed conditions and the effect of some food preservatives. Can. J. Microbiol. **29** (3): 297 - 302.

Eley,A. R.(ed.) 1996. Microbial Food Poisoning. Chapman & Hall. London.

Frazier, W. C. ; and D. C. Westhoff. 1988. Food Microbiology. Fourth edition. Mc Graw - Hill, Singapore.

Harrigan, W. F. ; and M. E. McCance. 1976. Laboratory Methods in Food and Dairy Microbiology. Acaemic Press, London.

Heritage, J.; E. G. V. Evans; and R. A. Killington. 1996. Introductory Microbiology. Cambridge University Press, Cambridge.

Hui, Y. H. 1992. Encyclopedia of Food Science and Technology. Vol. 2. John Willey & Sons, Inc., New York.

Hui, Y. H. 1992. Encyclopedia of Food Science and Technology. Vol. 3. John Willey & Sons, Inc., New York.

Hurst, A., E. Ofori; A. A. El - Banna; and J. Harwig. 1984. Adaptational Changes in *Staphylococcus aureus* MF31 grown above its maximum temperature when protected by NaCl: Physiological studies. Can. J. Microbiol. **30** : 1105 - 1111

ICMSF "The International Commission on Microbiological Specification of Foods" (eds.) 1980a. Microbial Ecology of Foods. Vol I : Factors Affecting Life and Death of Microorganisms. Academic Press, Inc., New York.

ICMSF "The International Commission on Microbiological Specification of Foods" (eds.) 1980b. Microbial Ecology of Foods. Vol II : Food Commodities . Academic Press, Inc., New York.

Karel, M.; O. R. Fennema; and D. B. Lund. 1975. Principles of Food Science. Part II: Physical Principles of Food Preservation. Marcel Dekker, Inc., New York.

Kreig, N. R. ; and J. G. Holt (eds.). 1984. Bergey's Manual of Systematic Bacteriology. Vol 1. Williams and Wilkins Company, Baltimore.

Mandelstam, J.; K. McQuillen; and I. Dawes (eds.). 1982. Biochemistry of Bacterial Growth. Halsted Press (a division of John Wiley & Sons Inc.), New York.

Mossel, D. A. A. 1977. Microbiology of Foods: Occurrence, Prevention and Monitoring of Hazards and Deterioration. The University of Utrecht, Utrecht.

Potter, N. N.; and J. H. Hotchkiss. 1995. Food Science. Fifth edition. Chapman & Hall, New York.

Smith, B. L. 1990. Codex Alimentarius, Abridged Version (1989). Joint FAO / WHO Food Standard Programme, Codex Alimentarius Commission, Rome.

Sneath, P. H. A.; N. S. Mair; M. E. Sharpe; and J. G. Holt (eds.). 1986. Bergey's Manual of Systematic Bacteriology. Vol 2. Williams and Wilkins Company, Baltimore.

Stanley, J. T.; M. B. Bryant; N. Pfennig, and J. G. Holt (eds.). 1989 Bergey's Manual of Systematic Bacteriology. Vol 3. Williams and Wilkins Company, Baltimore.

Williams , S. T. ; M. E. Sharpe ; and J. G. Holt (eds.). 1989. Bergey's Manual of Systematic Bacteriology . Vol 4. Williams and Wilkins Company, Baltimore.

هذا الكتيب

هو جزء من كتاب :

تقنية (تكنولوچيا) الأغذية

Food Technology

.الذى شارك فى تأليفه نخبة من أساتذة علوم وتكنولوچيا الأغذية بالجامعات المصرية ويشتمل الكتاب على ٢٤ موضوعاً مختلفا ويقع فى زهاء ٣٠٠٠ صفحة وسيصدر بمشيئة الله فى مجلدين بعد نشر السلسلة كاملة .

وقد قام بالتحرير العلمى لأبواب الكتاب السادة :

أ . د. محمد حسيب رجب — أ . د . عصمت صابر الزلاقى

أ . د . تيسير محمود أبو بكر — أ . د عمرو عبد الرحمن البنا

أ . د . محمد محمود يوسف — أ . د . محمد مدحت موسى

قسم علوم وتكنولوچيا الأغذية

كلية الزراعة - جامعة الأسكندرية

الشاطبي - الأسكندرية

جمهورية مصر العربية

الناشر

مكتبة المعارف الحديثة

٢٣ شارع تاج الرؤساء سابا باشا – الأسكندرية

جمهورية مصر العربية هاتف رقم : ٥٨٢٦٩٠٢ – ٥٤٤٥٥٥١